



REGIONE PUGLIA  
 PROVINCIA DI BRINDISI  
 COMUNE DI CEGLIE MESSAPICA



Progetto: SPV 39 Impianto Agrivoltaico ubicato nell'agro del Comune di Ceglie Messapica (Br), sui terreni censiti nel N.C.T di Ceglie Messapica come da tabella riportata a destra.

Potenza ai fini della connessione 45 MW.  
 Potenza di Picco della Cen.le Agrivoltaica 50,4 Mw  
 Cod. Rint. da Definire a Cura di Terna S.p.A. 202402966

Piano Particellare Progetto			
ID Foglio Catastale	ID Particella	Nota	Ditta/Proprietà
Foglio 77		3 Parte	Ricci Pasquale
Foglio 77		2 Parte	Ricci Pasquale
Foglio 77		116 Parte	Ricci Pasquale
Foglio 78		6 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 78		7 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 78		8 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 77		1 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 78		1 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 78		4 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 78		5 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 77		11 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 77		12 Completa	Ricci Pasquale
Foglio 77		208 Completa	Ricci Pasquale
SOMMANO MQ		8084723	

NELLA DISPONIBILITA' DEL PROPONENTE GIUSTO CONTRATTO PRELIMINARE PER LA COSTITUZIONE DI DIRITTO DI SUPERFICIE N. 13648/11327 DEL 11/07/2024 BRINDISI

<b>Codice elaborato</b>	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>FEBBRAIO 2025</b>
-------------------------	----------------------------	----------------------

<b>CAS.SP39.R16</b>	<b>Relazione geologica</b>
Scala. Non Applic.	

DATA	MOTIVO REVISIONE	REDATTO	APPROVATO
19/02/2025	//	ING. FRANCESCO CIRACI'	ING. FRANCESCO CIRACI'

**COMMITTENTE: FFK SPV 1 S.R.L.**



VIA DURINI 4  
 20122 - MILANO (MI)  
 P.IVA 13119050964 (IT)

**Relazione Specialistica a cura di:  
 Dott.ssa Rossana BALDASSARRE**



**PROGETTISTA**

**Studio di Ingegneria di Ciraci Francesco**

Sede legale: San Lorenzo n. 2,  
 Ceglie Messapica (Br), 72013,  
 Cell.3382328300

Email: ciracifrancesco@gmail.com



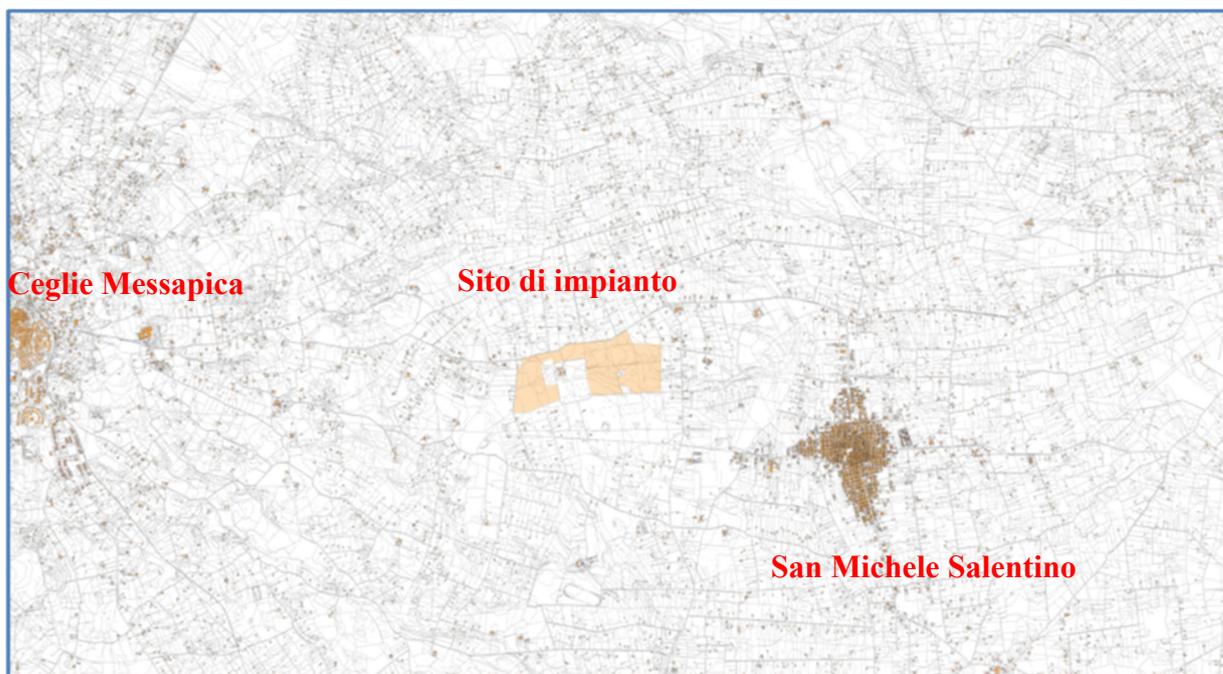
## Sommario

Premessa .....	3
Caratteristiche morfo-strutturali e idrogeomorfologiche.....	6
Caratteristiche Geologiche generali.....	11
Calcere di Altamura (Cretaceo - Mesozoico).....	12
Depositi colluviali ed eluviali.....	13
Caratteristiche idrogeologiche dell'area .....	14
Acque sotterranee .....	14
Indagini geognostiche .....	17
Indagine sismica .....	18
Profili sismici a rifrazione.....	22
Descrizione dei risultati .....	28
Profili sismici MASW.....	28
Valutazione dell'azione sismica.....	34
Modello Geologico .....	36
Conclusioni .....	37

### **Premessa**

La scrivente geologa dott.ssa Baldassarre Rossana, regolarmente iscritta all'albo professionale dei Geologi della Regione Puglia, sez. A, con il n. 146, è stata incaricata di relazionare in merito alle caratteristiche geologiche e geotecniche di un'area ubicata in Comune di Ceglie Messapica (Br) in corrispondenza della quale la Società "FFK SPV1 SRL" con sede legale a Milano in via Durini, 4, intende realizzare un impianto solare agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili.

L'area di progetto si estende per circa 80,84 Ha nelle campagne a est dell'abitato di Ceglie Messapica in adiacenza alla strada provinciale s.p. 581 per San Michele Salentino (vedi: "*Stralcio Aerofotogrammetrico – C.T.R. Puglia*").



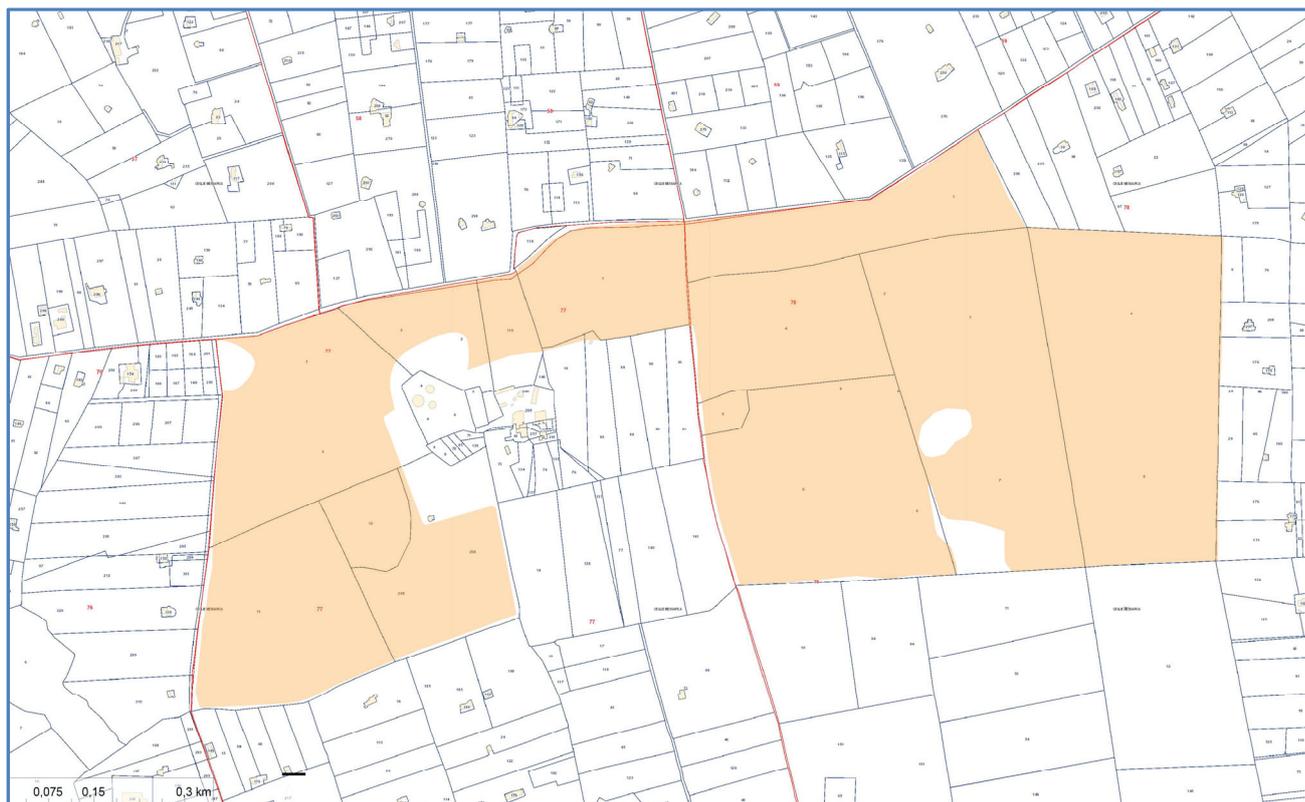
*Stralcio Aerofotogrammetrico – C.T.R. Puglia*

Catastalmente viene riferita nell'ambito dei fogli n. 77 e 78 del Comune di Ceglie Messapica (vedi: "*Stralcio Catastale*"), rispettivamente con le particelle:

Foglio 77: p.lla n 1, 2, 3, 11, 12, 116 e 208.

Foglio 78: p.lla n. 1, 4, 5, 6, 7 e 8.

*Relazione Geologica*



***Stralcio Catastale***

L'impianto sarà composto da 7 sub-campi su cui saranno posizionati 75.264 moduli fotovoltaici di potenza unitaria di picco pari a 670 W i quali genereranno una potenza complessiva pari a 50,4 MW (45,00 MW in uscita) (vedi: "Layout di Progetto").



***Layout di Progetto***

L'impianto sarà connesso alla rete elettrica di distribuzione nazionale per il tramite della stazione elettrica, mediazione cavidotto in alta tensione a 150 kV di connessione tra detta stazione elettrica e la stazione di utenza; dalle cabine di raccolta (prevista sul lato Nord dell'impianto Agrivoltaico) fino alla stazione di utenza la potenza verrà trasportata tramite un cavidotto a 30 kV in MT con frequenza 50 Hz.

I campi su cui saranno collocati i pannelli saranno interessati anche dalla presenza di colture di alberi di fico perfettamente integrate nel territorio.

In Relazione Tecnica allegata al progetto, infatti, viene specificato che tutta la progettazione è basata sul principio della reversibilità: le scelte effettuate nella stesura del progetto sono state infatti rivolte al completo ripristino ambientale delle aree di progetto, che a fine vita dell'impianto saranno restituite nelle condizioni ex ante, prevedendo inoltre una migliore condizione del terreno derivante dalla coltivazione che verrà condotta per tutta la durata della vita dell'impianto.

Il presente studio, svolto in conformità a quanto previsto dal D.M. LL.PP. 11/03/88 e dalle N.T.C./2018, riferisce in merito a:

- identificazione delle formazioni presenti nel sito;
- tipi litologici;
- struttura e caratteri fisici del sottosuolo;
- aspetti stratigrafici-strutturali-idrogeologici-geomorfologici-litotecnici e fisici;
- modello geologico del sottosuolo;
- livello di pericolosità geologica;
- caratterizzazione sismica.

A tal fine, è stato effettuato, prioritariamente, un accurato rilevamento geologico di superficie finalizzato all'identificazione delle formazioni e dei tipi litologici che condizionano il sottosuolo.

Per la valutazione delle caratteristiche stratigrafiche dei litotipi e delle formazioni che condizionano l'area e il sottosuolo, si è fatto ampio riferimento a precedenti studi svolti, per altri scopi, in corrispondenza di aree vicine condizionate dalla medesima formazione geologica.

Si è proceduto, inoltre, all'esecuzione in situ, di 4 profili sismici a rifrazione e Masw, mirati alla costruzione di un modello geologico delle aree di interesse e alla definizione della risposta sismica locale ai sensi delle NTC/2018.

### **Caratteristiche morfo-strutturali e idrogeomorfologiche**

L'area di interesse si estende in corrispondenza di una superficie morfologica caratterizzata da evidenti ondulazioni della superficie del suolo con quote topografiche che variano mediamente tra 190 m e 170 m s.l.m.

Il raccordo tra le aree a maggiore rilievo e quelle topograficamente più depresse, è in genere graduale e localmente marcato da scarpate di altezza massima di qualche metro, corrispondenti a gradoni nell'ammasso roccioso carbonatico, lungo le principali lineazioni tettoniche.

In particolare, si evidenzia un generale abbassamento della quota topografica della superficie del suolo, procedendo da ovest verso est e sudest, vale a dire verso la costa adriatica.

Il complessivo assetto strutturale del territorio entro cui insiste l'area di studio, appare essenzialmente tabulare, con stile tettonico caratterizzato da pieghe piuttosto blande e da faglie allineate secondo due direzioni principali (WNW-ESE e SW-NE).

Da evidenziare la difficoltà nel riconoscimento degli assi strutturali principali a causa dell'ampio raggio delle pieghe, nonché di blande ondulazioni trasversali che, sebbene poco accentuate, contribuiscono a rendere meno chiari i lineamenti strutturali.

Alla scala dell'affioramento sono ben visibili le microforme carsiche originate dall'azione dell'acqua piovana, e più in generale dal processo di dissoluzione carsica su rocce solubili come i calcari: vaschette di dissoluzione, solchi carsici, fori e altre manifestazioni caratterizzano gran parte degli affioramenti presenti, laddove i suoli di colore rossastro non ne obliterano la presenza in superficie.

Le forme carsiche si ritrovano diffusamente su tutto il territorio comunale. Esse si sono certamente formate nel corso di più fasi morfogenetiche che hanno anche prodotto lo sviluppo dei principali e più significativi fenomeni carsici ipogei presenti nell'area comunale, contrassegnata da numerose grotte ipogee e da doline.

In corrispondenza dell'area di stretto interesse, comunque, il Centro Documentazione Grotte MartinaFranca-Ceglie Messapica non ha evidenziato la presenza di ipogei (vedi: *“Stralcio dalla carta speleologica e della fenomenologia carsica”* del territorio di Ceglie Messapica (Br)) mentre esistono delle aree endoreiche, più depresse, verso le quali convogliano acque di scorrimento superficiale.



**Stralcio dalla carta speleologica e della fenomenologia carsica**

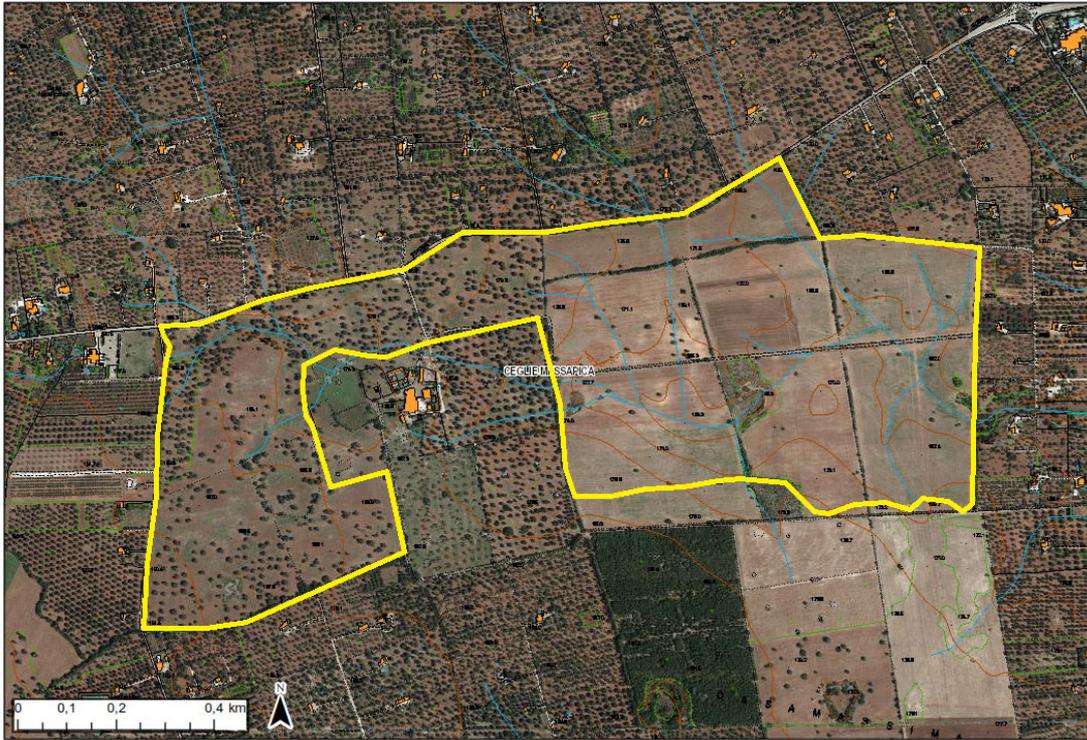
In questa zona, infatti, si riconosce un evidente drenaggio ad andamento dendritico, che costituisce la parte alta di piccoli bacini idrografici.

Questi alimentano corsi d'acqua che si sviluppano nei territori più a sud. Il reticolo, chiaramente condizionato dalla tettonica, è per la maggior parte impostato secondo la direzione preferenziale NW-SE (vedi: "Stralcio dalla Carta Idrogeomorfologica").

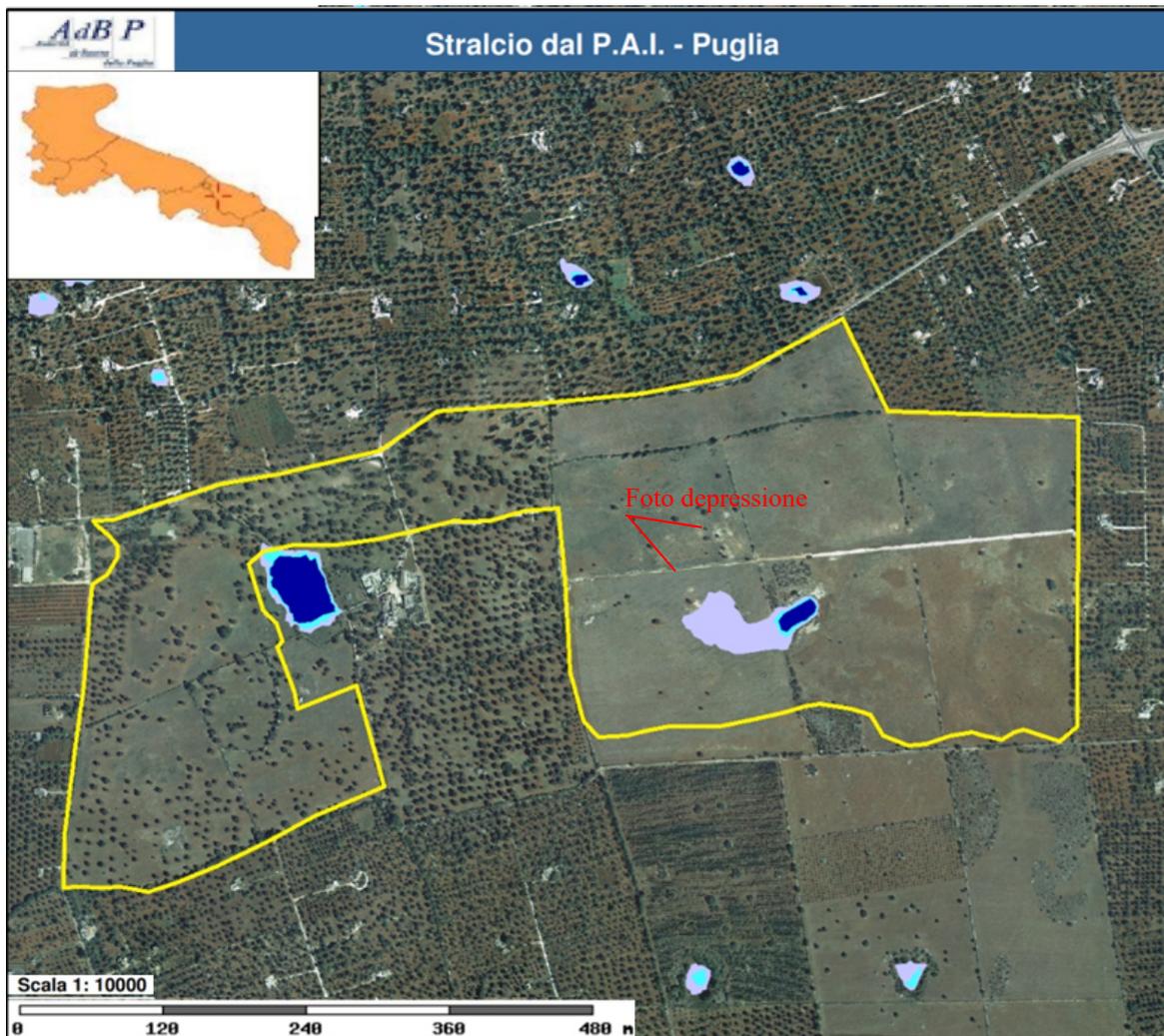
Come evidenziato sulle carte tematiche relative ad uno studio idraulico del territorio interessato (ex A.d.B. Puglia) sono presenti due aree a rischio di allagamenti e, quindi, a potenziale pericolosità idraulica (vedi: "Stralcio dal PAI - Puglia").

In particolare, le aree sono condizionate da alta pericolosità idraulica (AP) in corrispondenza delle doline e, in adiacenza alla dolina ubicate verso est, da una depressione (vedi foto) condizionata da bassa pericolosità (BP).

**Queste aree, compresa quella a bassa pericolosità idraulica, saranno escluse dal posizionamento di pannelli fotovoltaici.**



*Stralcio dalla Carta Idrogeomorfologica*

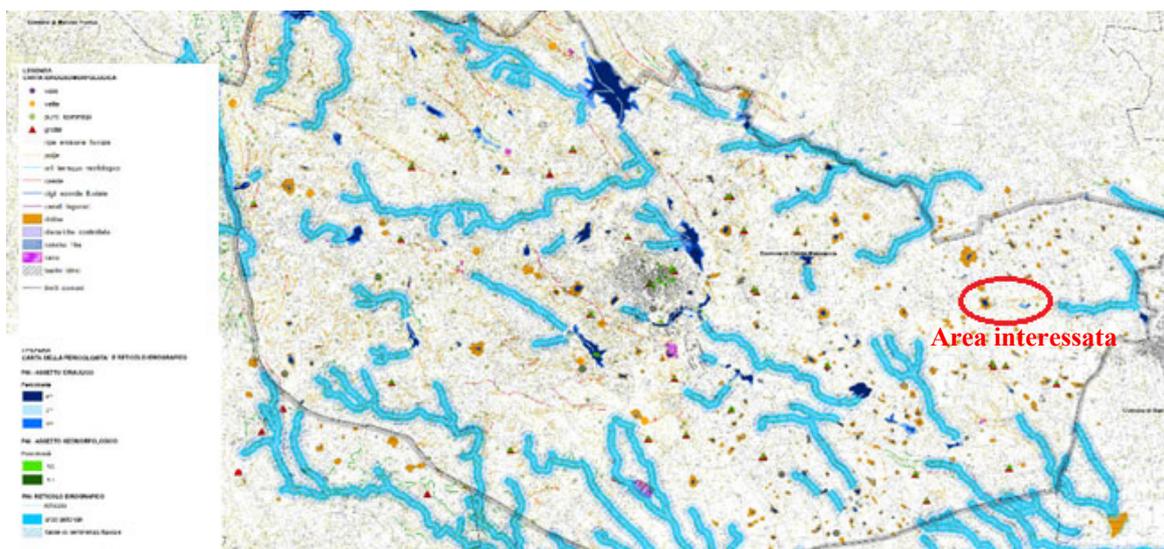




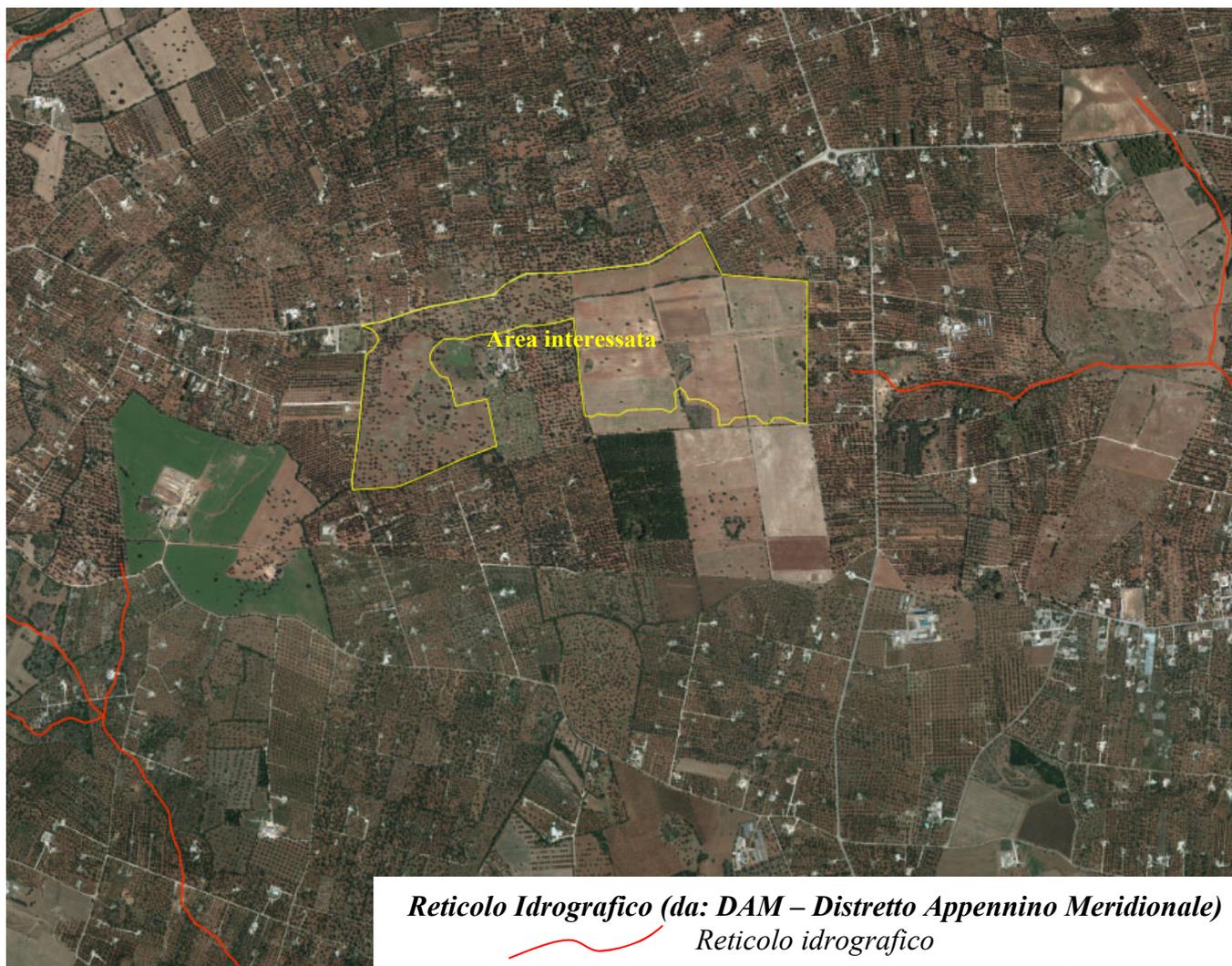
### *Panoramica della depressione*

Per quanto riguarda la presenza del reticolo idrografico, l'ex A.d.B. della Regione Puglia, ha definito quali aste del suddetto reticolo sono rilevanti ai fini della pericolosità idraulica e della tutela.

È stata, quindi redatta la carta tematica specifica, consultabile sul sito del DAM (Distretto Appennino Meridionale). Sulla suddetta carta è cartografato il Reticolo Idrografico da sottoporre a vincolo. Di seguito si allega la *Carta di Pericolosità e Reticolo Idrografico* dell'intero territorio comunale e uno stralcio a scala più adeguata del reticolo idraulico presente nei dintorni dell'area di studio. **Come evidente non vi sono “corsi d'acqua” che attraversano l'area di interesse.**



### *Carta di Pericolosità e Reticolo Idrografico*



### **Caratteristiche Geologiche generali**

L'area di studio si colloca in corrispondenza della parte meridionale di una struttura rialzata da fenomeni tettonici distensivi e che costituisce il massiccio carbonatico mesozoico della "Murgia".

Su tutta l'area in esame affiorano, quindi, depositi calcarei e calcareo-dolomitici riferibili alla formazione del Calcarea di Altamura che costituisce l'ossatura di gran parte del territorio Pugliese.

L'assetto complessivo dei calcari Cretacei è sub-orizzontale con immersione generale in direzione dei quadranti meridionali e orientali.

Faglie e fratture di tipo distensivo interessano l'ammasso roccioso, con prevalenza delle famiglie di discontinuità tettonica ad orientamento WNW-ESE, e subordinatamente NW-SE.

La mancanza di coperture trasgressive costituite da calcareniti Plio-Pleistoceniche di colore giallastro, in genere non stratificate e con cementazione irregolare, indica chiaramente che tale territorio non è stato interessato dalla suddetta trasgressione, a differenza dei settori più meridionali di Villa Castelli e Francavilla Fontana, dove tali depositi risultano in esteso affioramento.

La zona in esame risulta interamente caratterizzata dalla presenza del Calcarea di Altamura al quale si attribuisce un'età Cretacica (Turoniano superiore – Maastrichtiano).

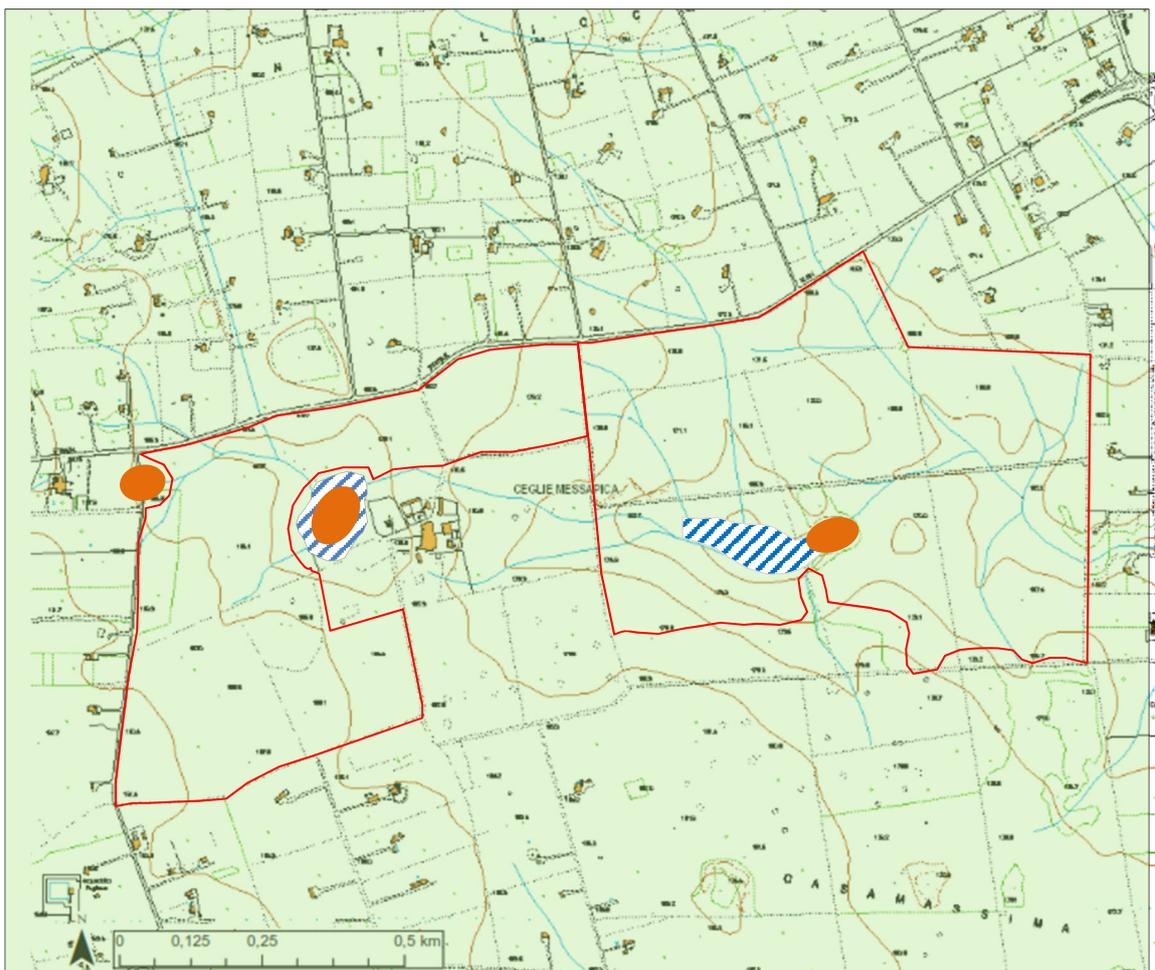
Da segnalare che su tale elaborato cartografico sono riportati, in corrispondenza del territorio di Ceglie Messapica, alcuni assi di pieghe anticlinaliche a direzione NW-SE, che agli estremi sud-orientali tendono a divenire WNW-ESE.

Nel dettaglio, la ricostruzione del quadro geologico e litologico nel territorio in esame è stata effettuata attraverso un rilievo di dettaglio sul campo, integrato dall'analisi di letteratura geologica e di documentazione tecnica.

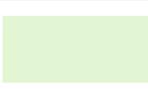
Sulla base di tali indagini è stato possibile identificare le varie formazioni affioranti e ricostruire i rapporti stratigrafici esistenti tra di esse.

La successione stratigrafica nel territorio di interesse comprende dal basso verso l'alto i seguenti termini (vedi: "*Rilievo Geologico di superficie*"):

- *Calcari di Altamura;*
- *Depositi colluviali ed eluviali.*



***Rilievo Geologico di superficie***

	Calcari e calcari dolomitici a grana fine e cristallina, in strati e/o in banchi fratturati e carsificati. <i>Calcari di Altamura – Cretaceo, Mesozoico</i>
	Area depressa
	Dolina

***Calcari di Altamura (Cretaceo - Mesozoico)***

La formazione, nota in letteratura come “Calcari di Altamura”, è costituita prevalentemente da calcari bioclastici, bianchi o grigiastri di norma sub-cristallini e tenaci, a frattura concoide.

Tali materiali si sono depositi in ambiente di piattaforma carbonatica, di mare poco profondo; i notevoli spessori, tipici della formazione in questione in tutta la regione, indicano che l’ambiente di sedimentazione si è mantenuto pressoché immutato per lunghi tempi.

La presenza di frammenti e clasti di origine organica diviene preponderante in alcuni banchi o livelli, tanto da caratterizzarli fortemente, in particolare con frammenti di Rudiste (bivalvi fossili diffusi nel periodo compreso tra Giurassico superiore e Cretaceo superiore).

La stratificazione è sempre evidente con strati di spessore variabile da 20 a 50 cm, talora si rinvengono banchi fino a 1.5 metri.

Frequenti sono le intercalazioni, all'interno della stratificazione calcarea, costituite da livelli più sottili o, talora, da argille e marne.

Dato il notevole sviluppo dei fenomeni carsici sul territorio è inoltre abbondante la presenza dei depositi residuali prodotti dal carsismo, sotto forma di terre rosse, vale a dire di terreni a prevalente carattere argilloso, che tendono a colmare i vuoti prodotti dalla dissoluzione nell'ammasso roccioso carbonatico.

In genere si osserva un elevato grado di fratturazione, che localmente diviene altamente pervasivo ed a spaziatura estremamente ravvicinata (pochi cm) in corrispondenza di fasce tettoniche a maggiore disturbo.

Localmente, lo sviluppo della fratturazione risulta tale da creare una fitta rete di discontinuità nell'ammasso roccioso.

### ***Depositi colluviali ed eluviali***

I suddetti depositi sono presenti nelle zone topograficamente più depresse e risultano costituiti da sabbie, limi e ghiaie, legate ai versanti e ai fondovalle dei principali elementi lineari della rete idrografica. Lo spessore è sempre modesto, e solo localmente raggiunge qualche metro.

Sono prevalentemente di colore rossastro o marroncino, marcatamente pedogenizzati ma che ancora conservano una evidente affinità litologica e mineralogica con i sedimenti su cui poggiano.

Sui limi arrossati e pedogenizzati poggia un suolo bruno potente circa 1,5 metri, granulometricamente costituito da argille limoso-sabbiose o sabbioso-limose.

### **Caratteristiche idrogeologiche dell'area**

La disposizione spaziale dei litotipi presenti, la loro permeabilità e il modo in cui gli stessi vengono a contatto tra loro, condizionano sia la distribuzione degli acquiferi sia la circolazione idrica sotterranea.

Le rocce carbonatiche risultano essere interessate da permeabilità per fessurazione e carsismo. Le discontinuità più significative in tal senso, ai fini della circolazione idrica, sono quelle di natura tettonica, a prevalente andamento sub-verticale, che favoriscono il deflusso idrico verso il basso, sino ad alimentare la falda profonda.

Sulla base dei caratteri litologici osservati ed in precedenza descritti, è possibile schematizzare i caratteri di permeabilità delle formazioni affioranti nell'area.

I Calcari di Altamura rientrano nella categoria di rocce permeabili per fessurazione e carsismo e presentano elevata permeabilità, pari a:  $k = 10^{-1} \div 10^{-2}$  cm/sec.

I depositi colluviali ed eluviali, caratterizzati da spessori limitati e la cui estensione risulta poco continua nel territorio, rientrano invece tra le rocce permeabili per porosità; in funzione della percentuale di terreno argilloso (che spesso ne costituisce la porzione preponderante) tali depositi possono più o meno facilmente essere attraversati dall'acqua.

I terreni permeabili per porosità di interstizi sono rappresentati dai depositi calcarenitici sia pleistocenici sia post-calabrianici. Tali depositi sono dotati di una discreta porosità che può superare anche il 46%. Le calcareniti presenti nell'area in esame presentano una permeabilità media variabile tra  $10^{-4}$  e  $10^{-5}$  m/s.

Per quanto riguarda i terreni impermeabili, essi sono rappresentati dalle argille pleistoceniche che possono raggiungere coefficienti di permeabilità inferiori a  $10^{-10}$  m/s.

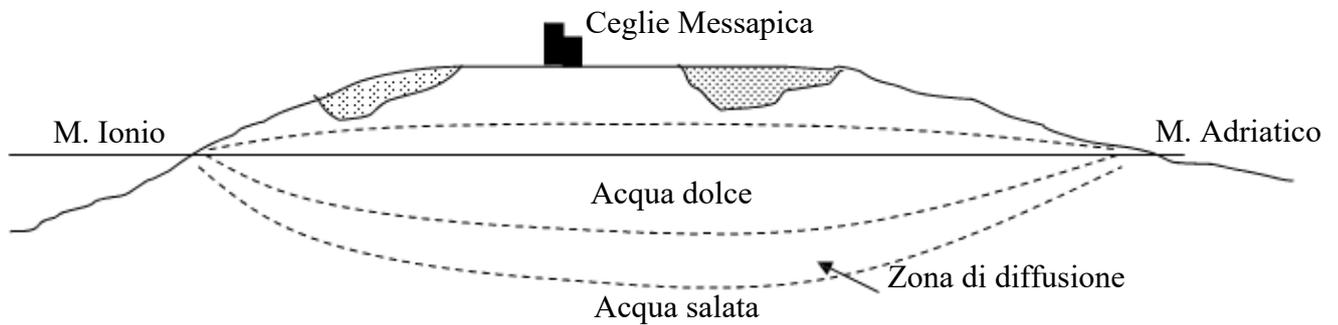
Solo nella parte più alta della formazione, dove è più abbondante la percentuale sabbiosa, si possono registrare valori più alti della permeabilità, ma comunque sempre scarsa.

### **Acque sotterranee**

All'interno della formazione carbonatica è presente una estesa falda di acqua dolce, denominata "profonda" o "carsica", che circola "sostenuta" ovunque dall'acqua marina di invasione continentale su cui "galleggia" per effetto della minore densità.

La falda carsica, in una sezione ideale del sottosuolo della penisola, assume una forma di lente biconvessa, con massimi spessori nella parte centrale della penisola e si assottiglia verso la costa, lungo la quale dà origine a frequenti manifestazioni sorgentizie,

con una cadente piezometrica molto modesta che raramente supera l'1% (vedi: “Sezione idrogeologica semplificata...”).

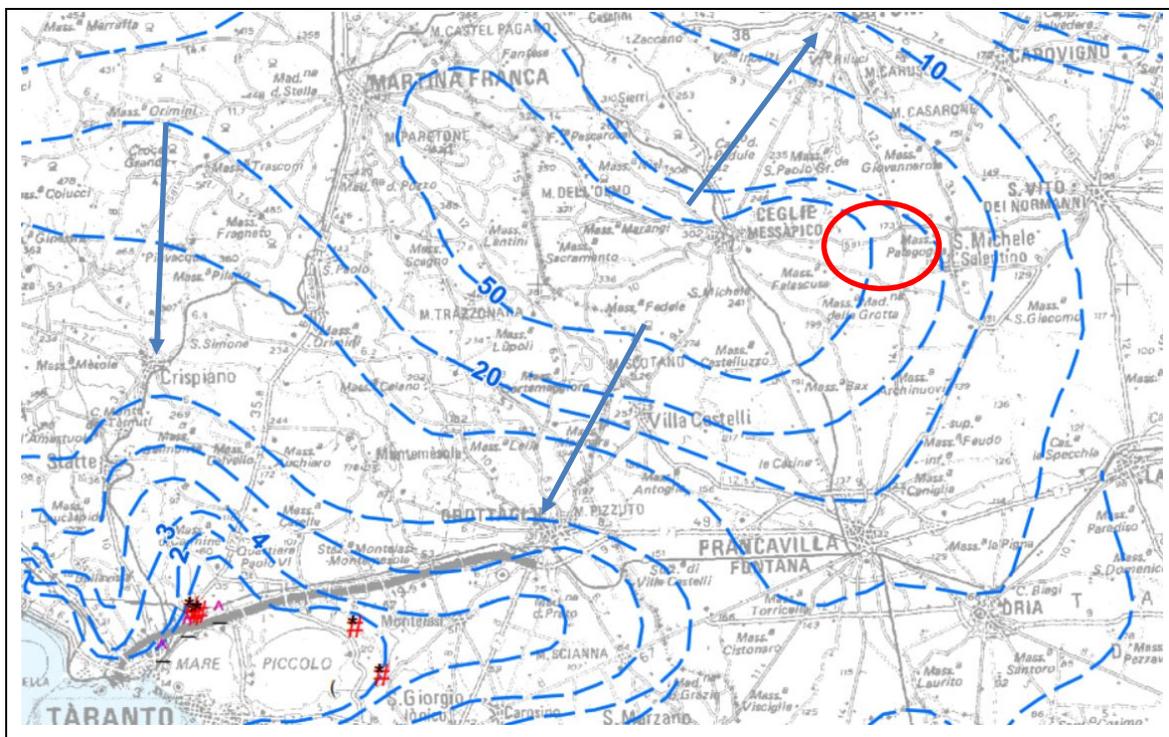


**Sezione idrogeologica semplificata dell’acquifero salentino, direzione E-O.**

L’alimentazione avviene per infiltrazione delle acque meteoriche, sia arealmente che in maniera concentrata, in corrispondenza di inghiottitoi e vore.

La falda profonda, circola a pelo libero e si rinviene con carichi idraulici che si attestano intorno ai +40 ÷ +50 m s.l.m, vale a dire a circa 130 m di profondità dal piano campagna (vedi: “Sezione Idrogeologica schematica”).

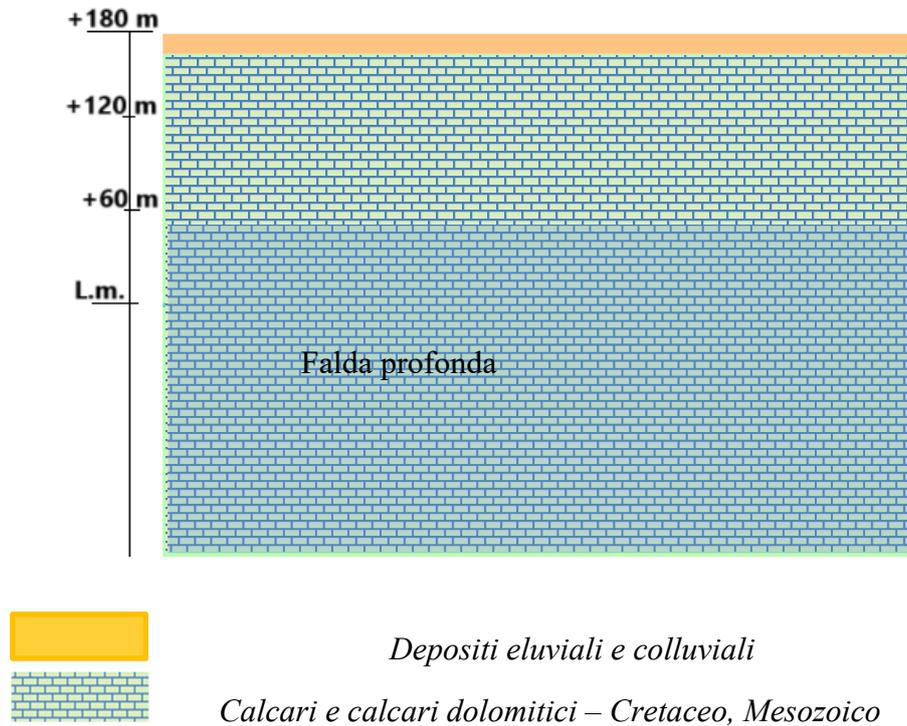
Il deflusso si esplica all’incirca in direzione NE (vedi: “Isopieze della falda profonda o carsica” dal Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia).



**Isopieze della falda profonda o carsica**

— Isopieze ( m s.l.m.)      — Direzione di deflusso della falda

### Sezione Idrogeologica schematica



Le opere di progetto attesteranno le opere di fondazione solo nei primi metri della successione litostratigrafica in quanto sia le strutture di sostegno dei pannelli sia le fondazioni delle cabine, non raggiungeranno profondità superiori a 3-4 m dal piano campagna. Vale a dire che si attesteranno sempre a profondità tale da non interferire con la falda acquifera sotterranea che, nell'area, si rinviene ad oltre 100 m di profondità dal piano campagna.

### **Indagini geognostiche**

L'area direttamente interessata dall'intervento di progetto è geologicamente condizionata dalla presenza di rocce calcaree e calcareo-dolomitiche riferibili alla formazione cretacea dei "Calcari di Altamura".

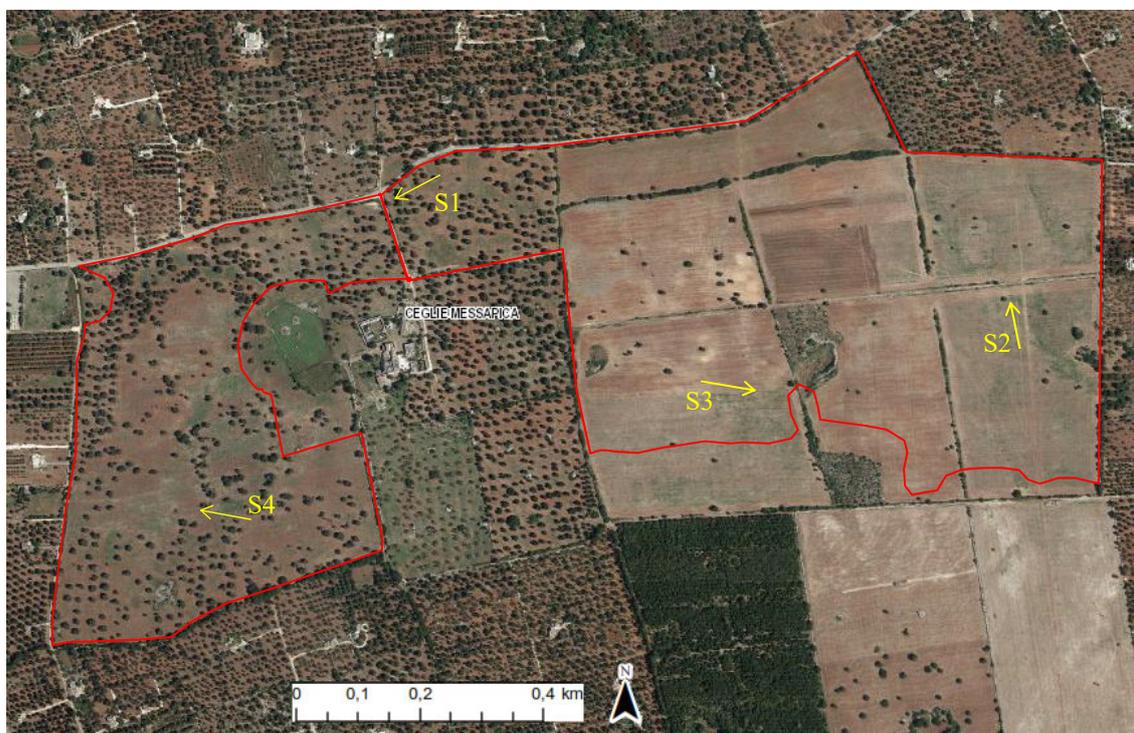
L'ammasso roccioso si presenta stratificato a giacitura suborizzontale o in banchi di spessore non superiore a 1,5 m. Come in tutto il territorio circostante, è intensamente fratturato e, a luoghi, carsificato.

In superficie è presente una copertura agraria di spessore generalmente esiguo. Solo a luoghi, specie in corrispondenza di depressioni, è possibile ritrovare spessori maggiori.

Informazioni più adeguate in merito alle peculiarità litologico-stratigrafiche del sottosuolo direttamente interessato dal progetto, sono state acquisite dall'elaborazione di prove geognostiche in situ.

In particolare, sono stati effettuati, dalla ditta Geoprove s.r.l., quattro profili sismici a rifrazione e masw la cui ubicazione è riportata nelle tavole di seguito allegate (vedi: "Ubicazione profili sismici").

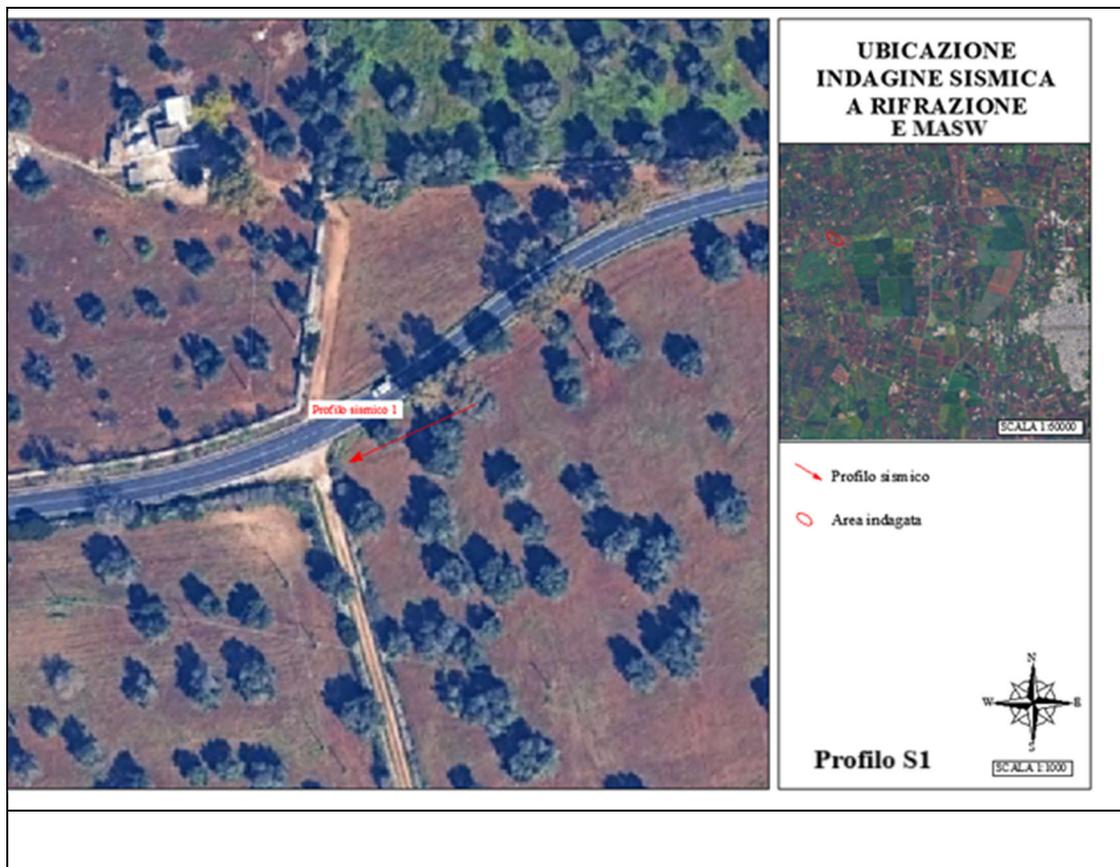
Ulteriori prove in situ saranno eventualmente predisposte in fase di esecuzione dei lavori, qualora dovessero evidenziarsi anomalie litologiche da indagare puntualmente per una più accurata soluzione progettuale.



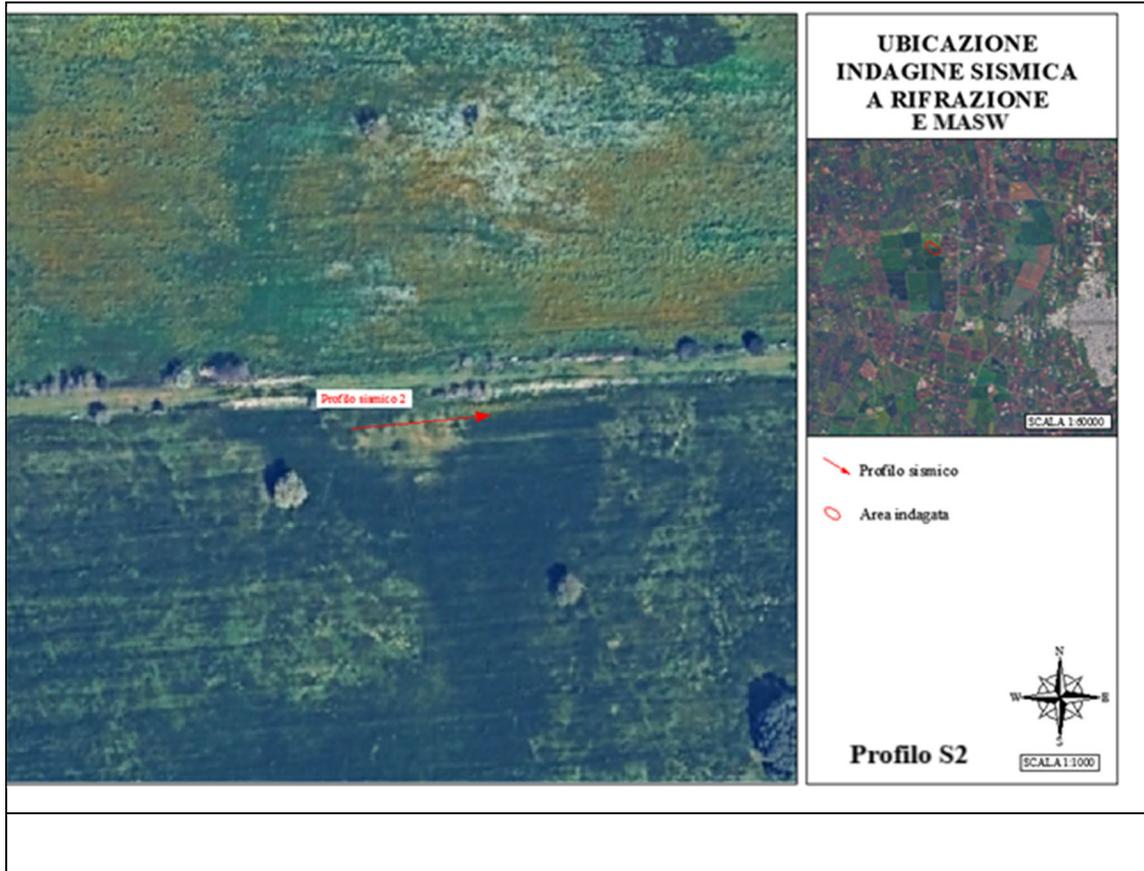
***Ubicazione profili sismici***

### Indagine sismica

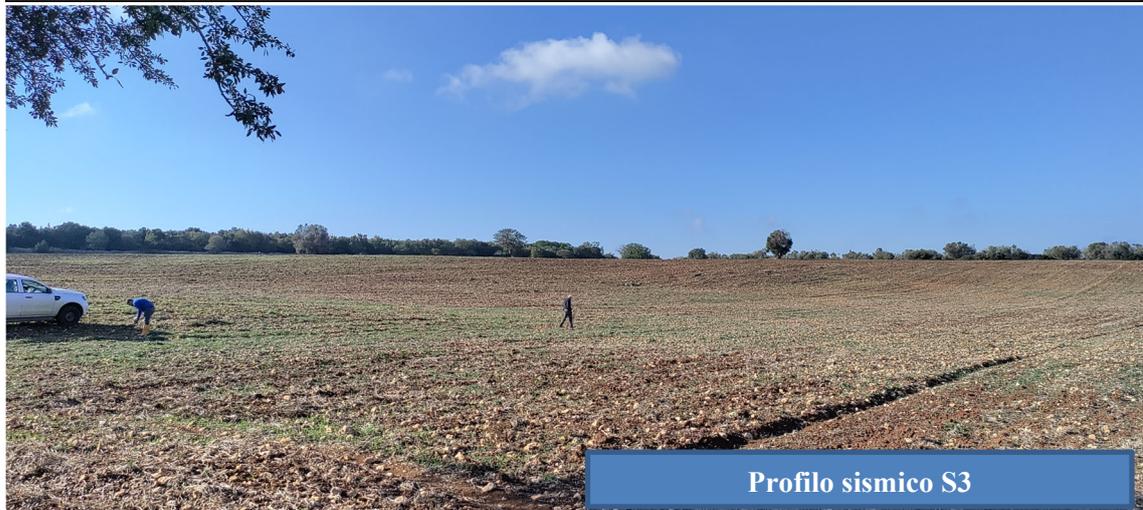
I profili sono stati effettuati con metodo a rifrazione e con metodologia masw consentendo anche di classificare il suolo di fondazione ai sensi della Normativa Tecnica delle Costruzioni 2018.



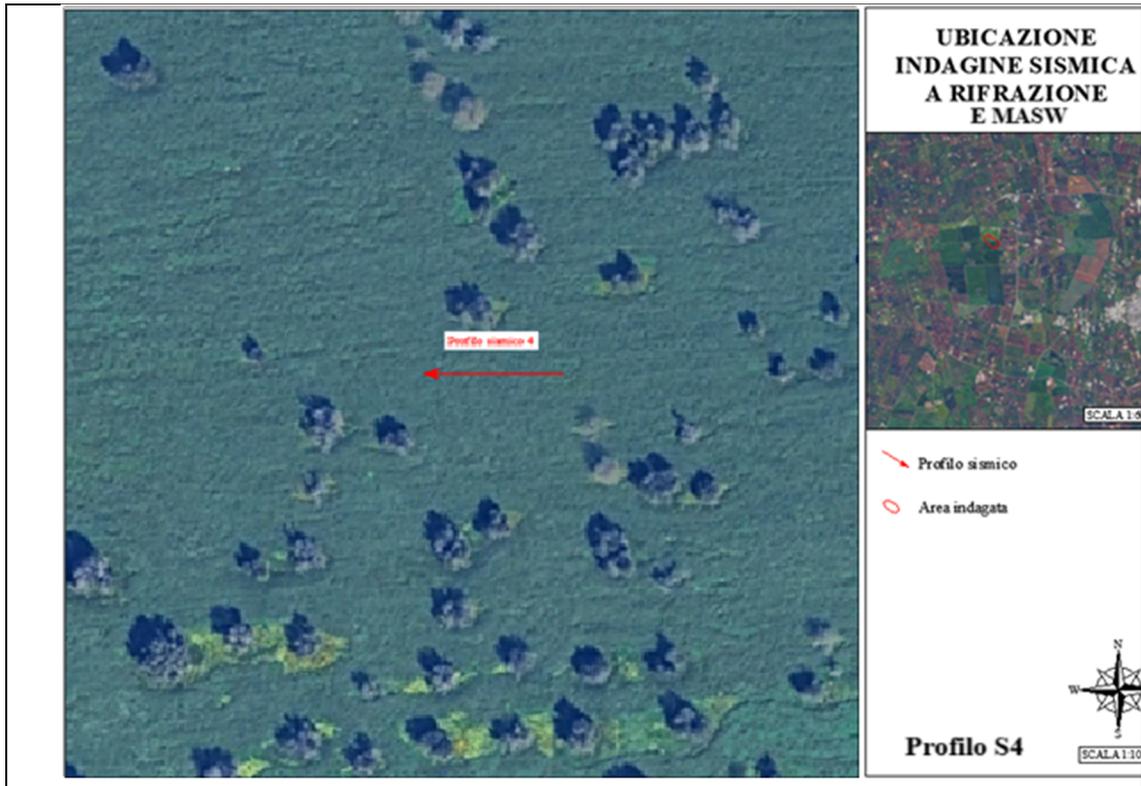
Relazione Geologica



Relazione Geologica



Relazione Geologica



## ***Profili sismici a rifrazione***

### Generalità sulle metodologie utilizzate

Il metodo sismico consiste nel provocare una perturbazione elastica nel terreno e nel misurarne i tempi di percorrenza dalla sorgente ad una serie di rilevatori (geofoni), posti lungo una linea retta a distanze crescenti dalla sorgente.

Attraverso l'interpretazione di tali dati, basata essenzialmente sulla legge di Snell (sismica a rifrazione con onde P), è possibile differenziare lungo la linea dei geofoni e in verticale, i vari strati costituenti il terreno, definendone lo spessore e la velocità di propagazione delle onde elastiche. È altresì possibile rilevare l'esistenza di zone anomale nel terreno, legate a variazioni litologiche o alterazioni.

L'indagine sismica è stata finalizzata alla ricostruzione del modello sismostratigrafico dell'area ed all'individuazione dello spessore del terreno vegetale che maschera la formazione sottostante.

L'elaborazione del profilo sismico è avvenuta mediante apposito algoritmo delle sezioni sismografiche, con restituzione tomografia. Tale metodo permette di individuare anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche, con un elevato potere risolutivo offrendo la possibilità di ricostruire stratigraficamente situazioni complesse, non risolvibili con differenti tecniche di indagine.

La tomografia sismica, rispetto alla convenzionale sismica a rifrazione, limita i problemi interpretativi dovuti agli strati ad inversione di velocità (orizzonte fantasma) o di ridotti spessori. Essa consiste nella ricostruzione di sezioni bidimensionali (2D) realizzate mediante serie di stendimenti sismici a rifrazione con sismografo a 12 canali.

Lo strumento di acquisizione è il Geode, della Geometrics con geofoni da 12 Hz, il software utilizzato per l'elaborazione tomografica è il Rayfract.

La sezione di output del software di interpretazione geofisica è in grado di rappresentare la discretizzazione del sottosuolo indagato in differenti sismogrammi, ovvero livelli caratterizzati da omologhe velocità sismiche.

Per il trattamento dei dati, per la ricostruzione tomografica dell'immagine, si utilizza una suddivisione dell'area di studio in celle elementari, calcolando per ciascuna di queste un valore di velocità congruente con il tempo di tragitto medio relativo ai percorsi dei raggi sismici che le attraversano; la presentazione delle elaborazioni eseguite dà come risultato una mappa della distribuzione delle velocità sismiche in una sezione piana contenente le sorgenti ed i geofoni.

Le indagini sismiche, in pratica, si effettuano misurando i tempi diretti di propagazione nel terreno delle onde sismiche tra una sorgente di energia, e uno o più sensori (geofoni) che vengono posizionati lungo un allineamento a distanze progressivamente crescenti dal punto di emissione dell'energia. Le indagini possono essere effettuate sia a livello del suolo che in foro.

Le onde elastiche possono essere generate mediante l'utilizzazione di masse battenti o tramite esplosioni controllate.

L'impiego dell'una o dell'altra fonte di energizzazione dipende essenzialmente dalla profondità d'investigazione richiesta.

In tale campagna di indagine la prospezione sismica è stata realizzata posizionando sorgenti e geofoni lungo un allineamento, utilizzando 12 geofoni con 3 registrazioni per ogni stendimento. L'energizzazione è stata del tipo a massa battente.

La restituzione grafica è stata presentata in una finestra profonda 12 metri.

Il risultato finale è la rappresentazione delle velocità (in m/s) per piani o sezioni indagate visualizzata mediante una scala cromatica, che va dal blu (basse velocità) al rosso (alte velocità). Quanto più il mezzo attraversato dalle onde sismiche è rigido e incompressibile, tanto maggiore sarà la sua velocità caratteristica.

Valori bassi della velocità mettono in evidenza la variazione negativa delle caratteristiche elastiche e meccaniche

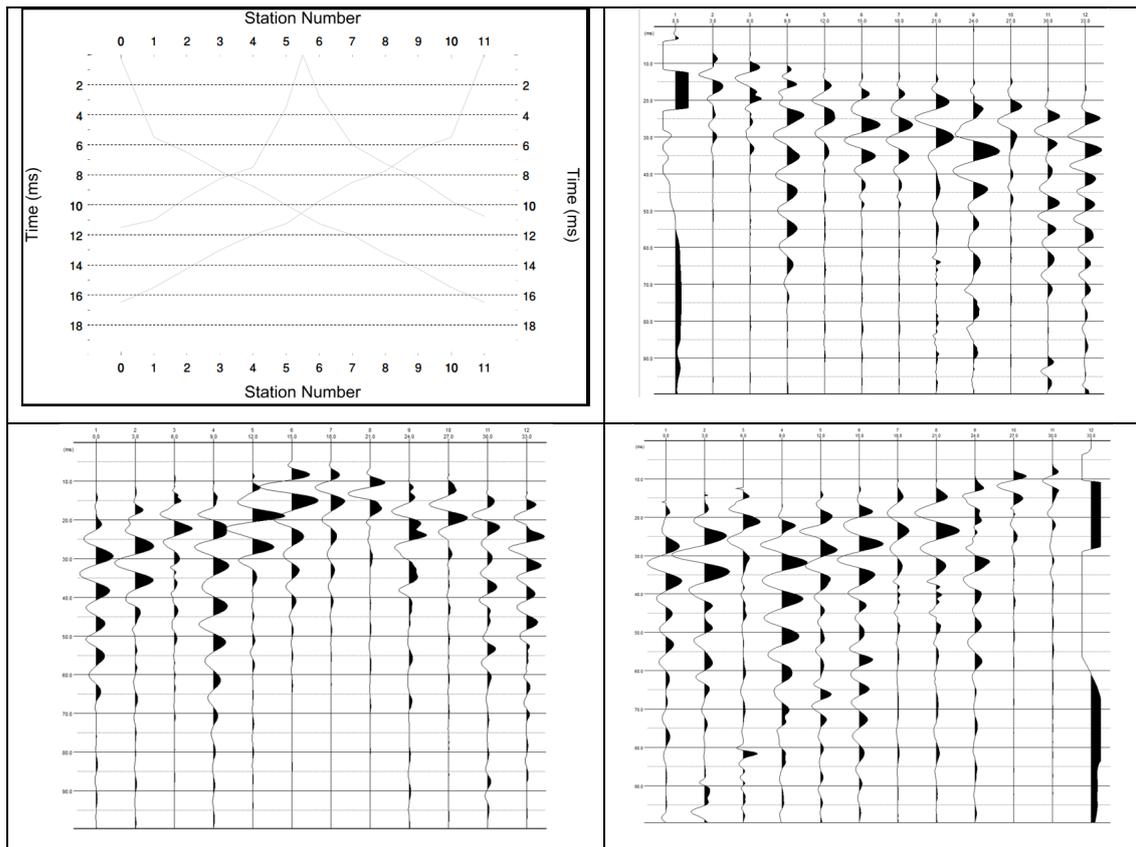
L'elaborazione tomografica e la restituzione del modello geofisico è stata effettuata con il software Rayfract che esegue l'inversione tomografica con il metodo WET (Wavepath Eikonal Traveltime tomography processing).

Il software RAYFRACT è stato supportato dal software SURFER 8 mediante il quale è stato eseguito automaticamente il gridding, l'imaging ed il contouring dei suddetti modelli di velocità.

Partendo direttamente dall'importazione delle tracce sismiche, RAYFRACT permette di effettuare il picking dei primi arrivi, eseguito in questo caso manualmente, ed ottenere quindi una image delle strutture di velocità anche in situazioni di topografia estrema e di marcati contrasti laterali di velocità.

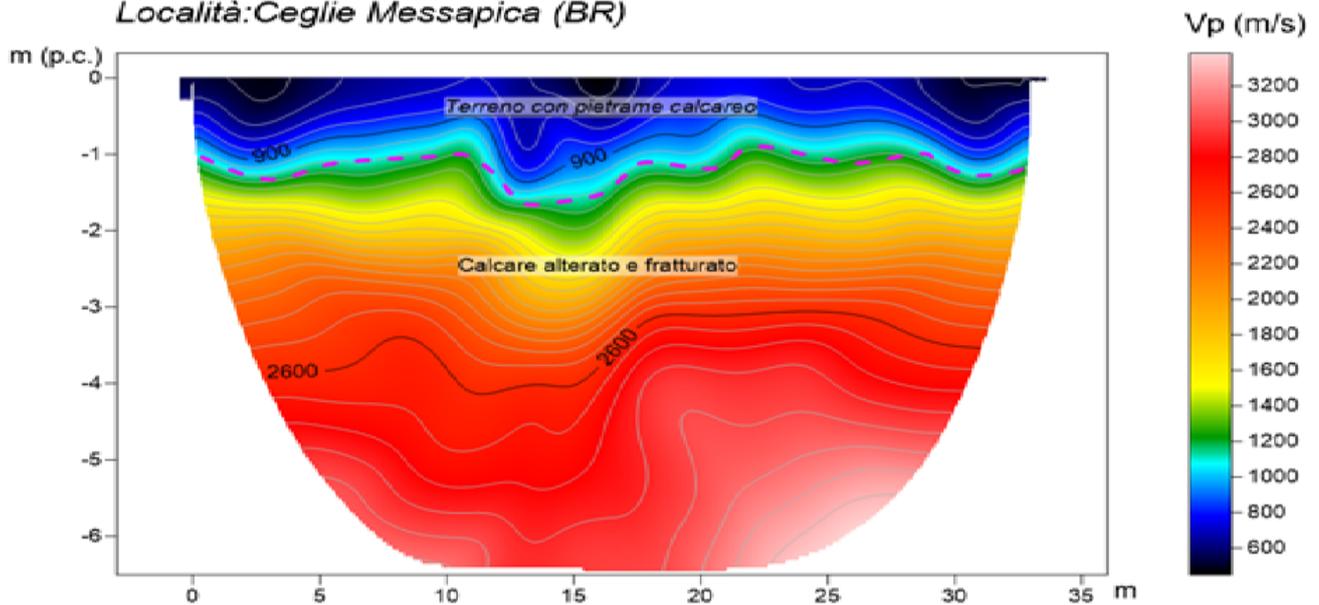
Alle pagine seguenti sono allegate le dromocrone, i grafici riportanti i tempi di arrivo /distanza e le sezioni tomografiche, relativi ad ogni profilo sismico effettuato.

Relazione Geologica

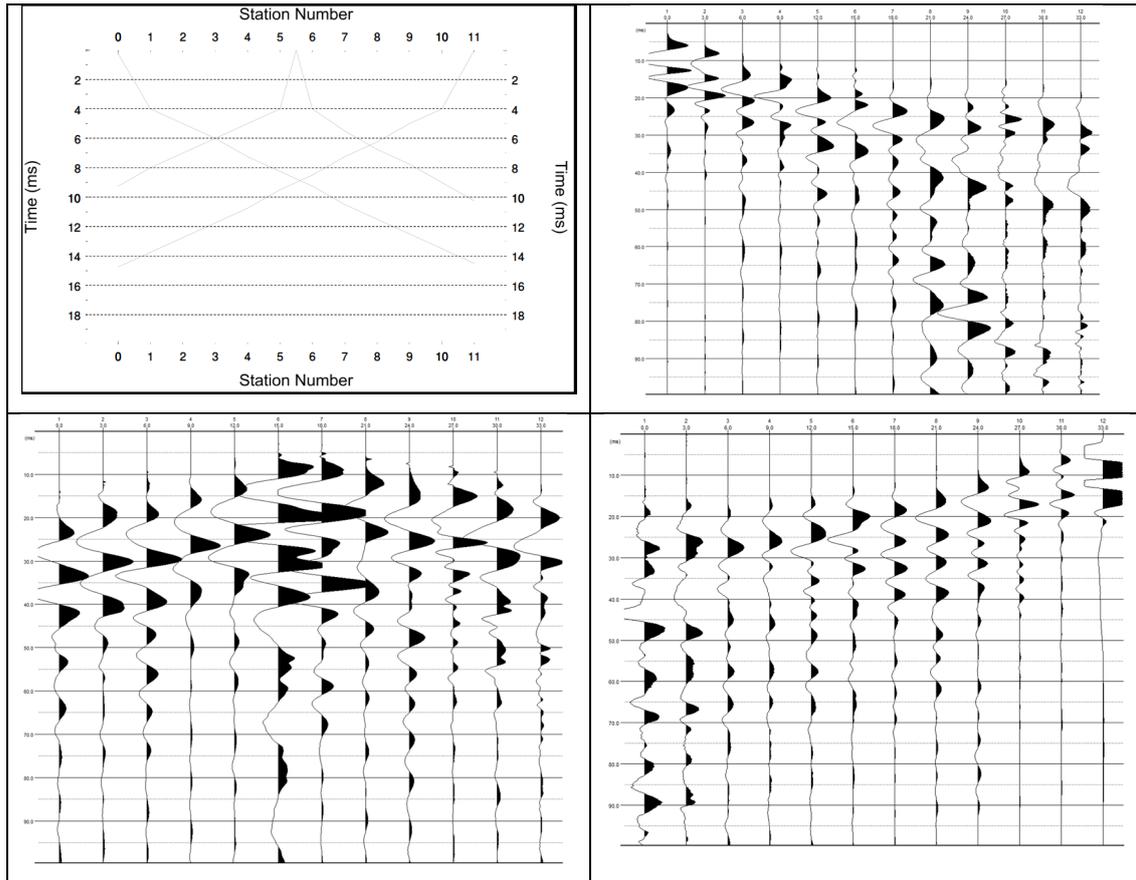


*Dati di acquisizione profilo sismico S1*

*Sismica tomografica a rifrazione Sr1  
Località: Ceglie Messapica (BR)*

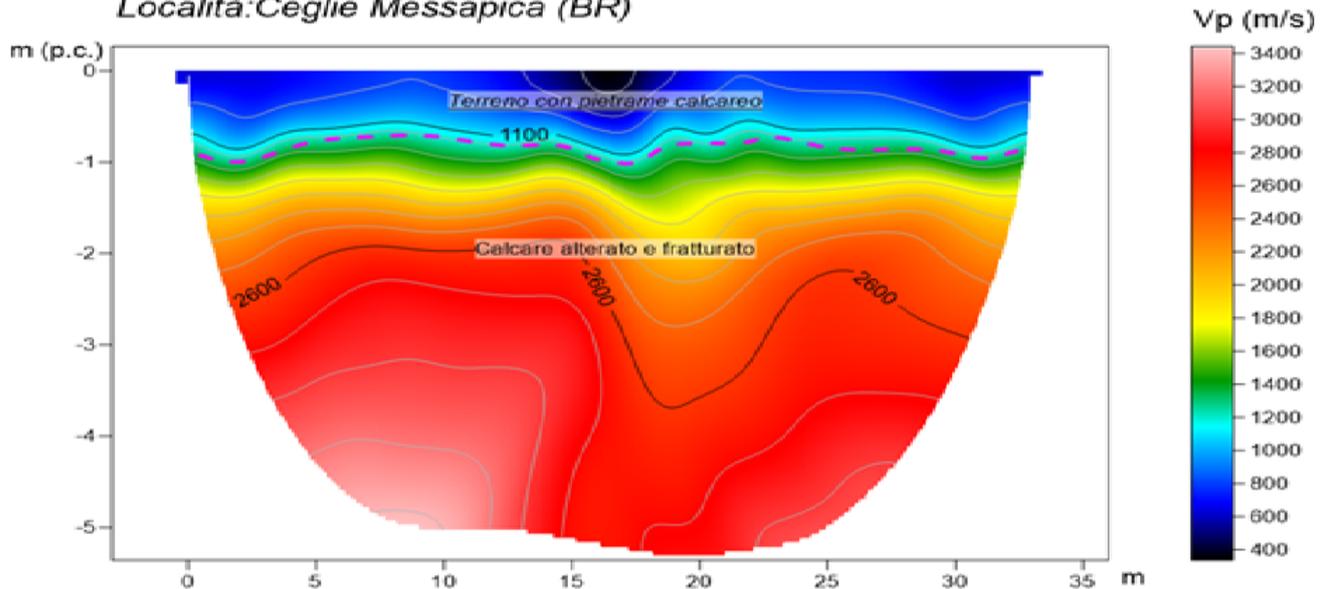


Relazione Geologica

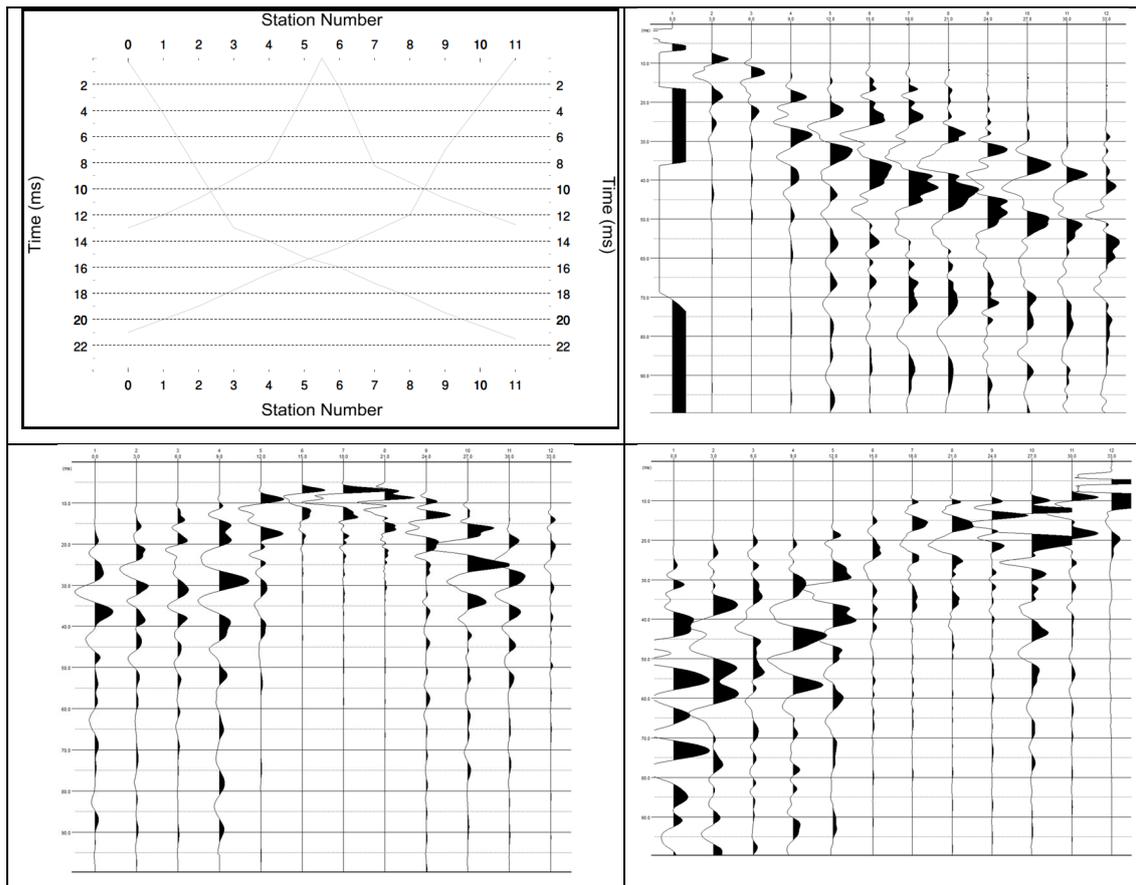


*Dati di acquisizione profilo sismico S2*

*Sismica tomografica a rifrazione Sr2  
Località: Ceglie Messapica (BR)*

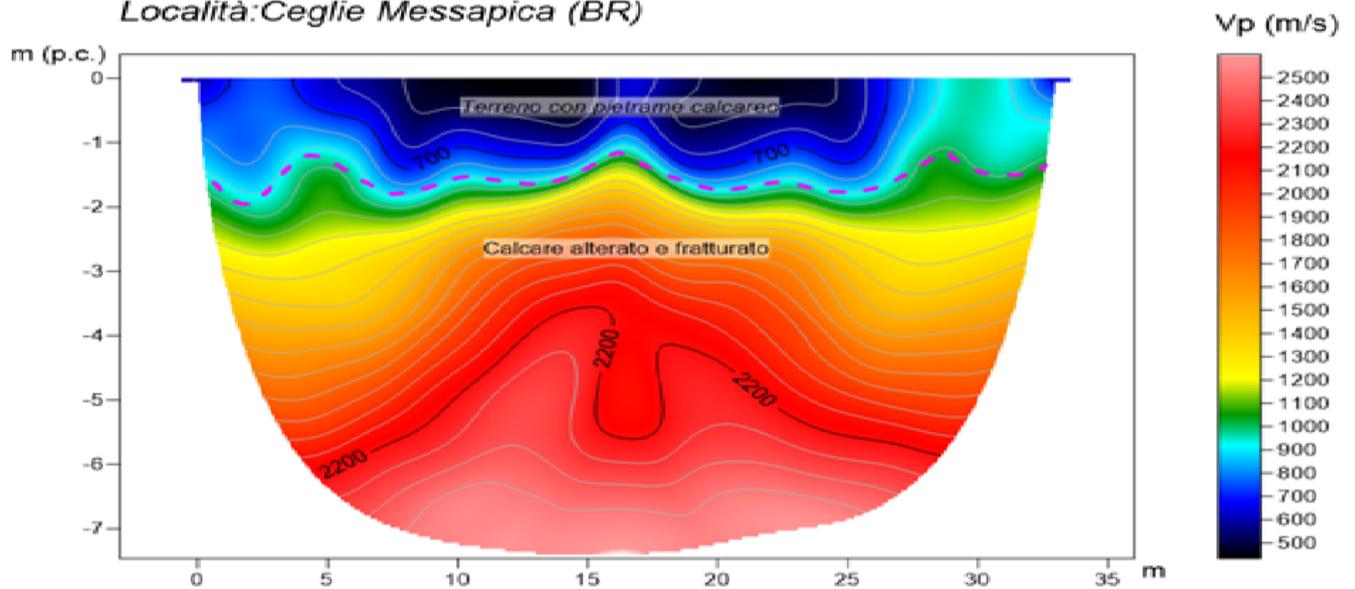


Relazione Geologica

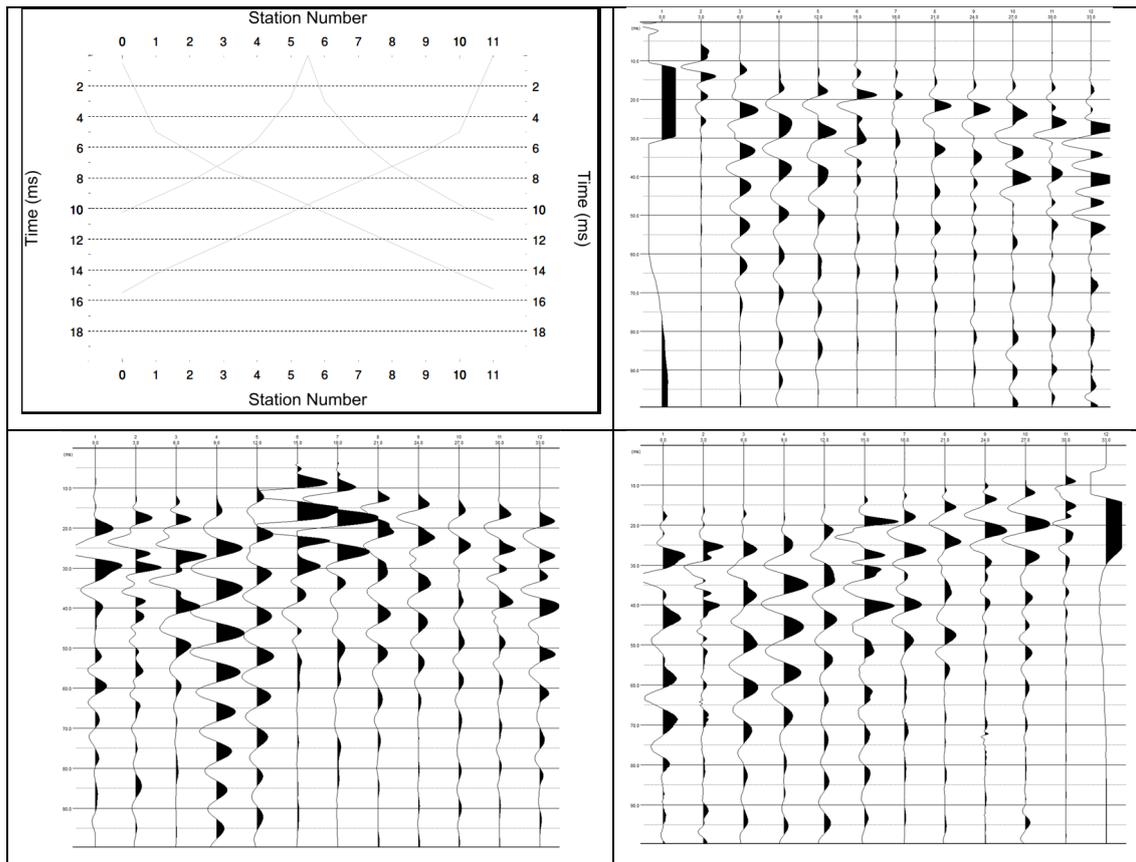


*Dati di acquisizione profilo sismico S3*

**Sismica tomografica a rifrazione Sr3**  
 Località: Ceglie Messapica (BR)

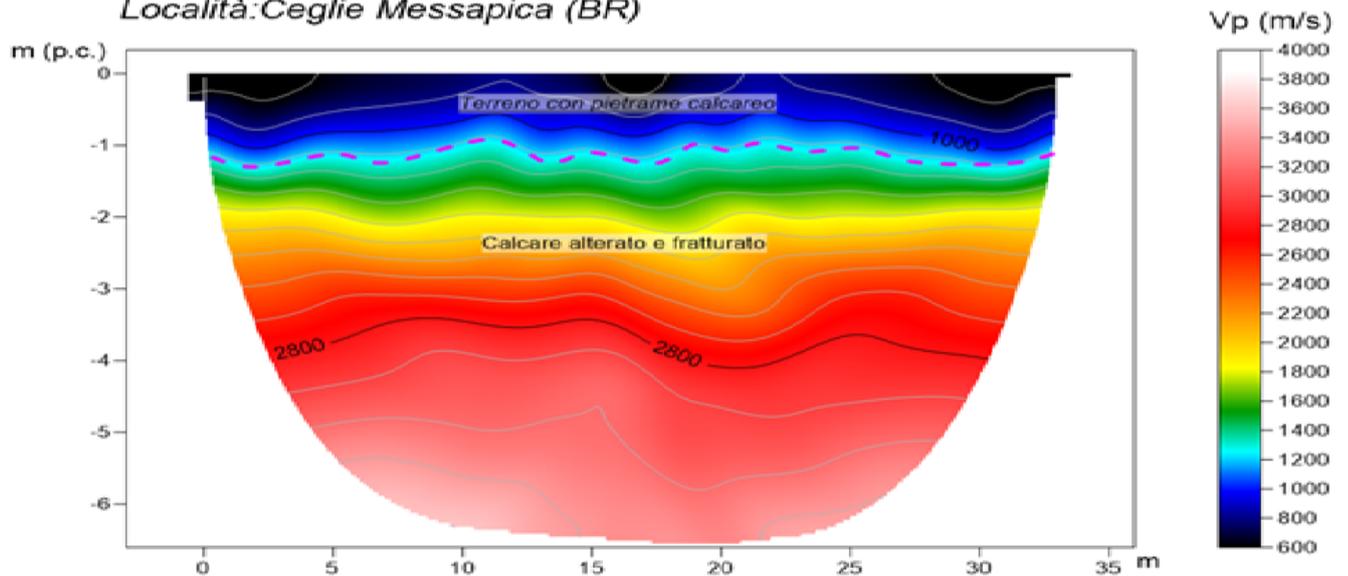


Relazione Geologica



Dati di acquisizione profilo sismico S4

Sismica tomografica a rifrazione Sr4  
Località: Ceglie Messapica (BR)



### ***Descrizione dei risultati***

Tutti e quattro i profili sismici effettuati hanno permesso di rilevare un modello a due sismostrati.

Lo strato affiorante più superficiale e caratterizzato da velocità delle onde longitudinali  $V_p$  variabili tra 500 m/s e 800 m/s, è rappresentato da una sottile copertura di terreno agrario misto a roccia calcarea molto fratturata e disgregata.

Lo spessore di detto strato è generalmente contenuto entro  $0,8 \div 1,2$  m di potenza. Solo il profilo effettuato in corrispondenza della depressione adiacente la dolina, ubicata nel settore orientale dell'area di interesse, ha evidenziato spessore maggiori, fino a circa 2,0 m di potenza.

Lo strato sottostante è costituito da roccia calcarea e calcareo-dolomitica, più o meno fratturata e carsificata, ma più compatta rispetto allo strato di copertura. Le velocità sismiche longitudinali, infatti, registrano valori superiori a 2000 m/s, fino a circa 2900 m/s.

### ***Profili sismici MASW***

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi accelerometri o geofoni posti sulla superficie del suolo.

Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni (da 4.5 Hz) e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede almeno i seguenti passi:

- Acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni
- Estrazione dei modi dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh;
- Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali delle VS.

Gli algoritmi genetici rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

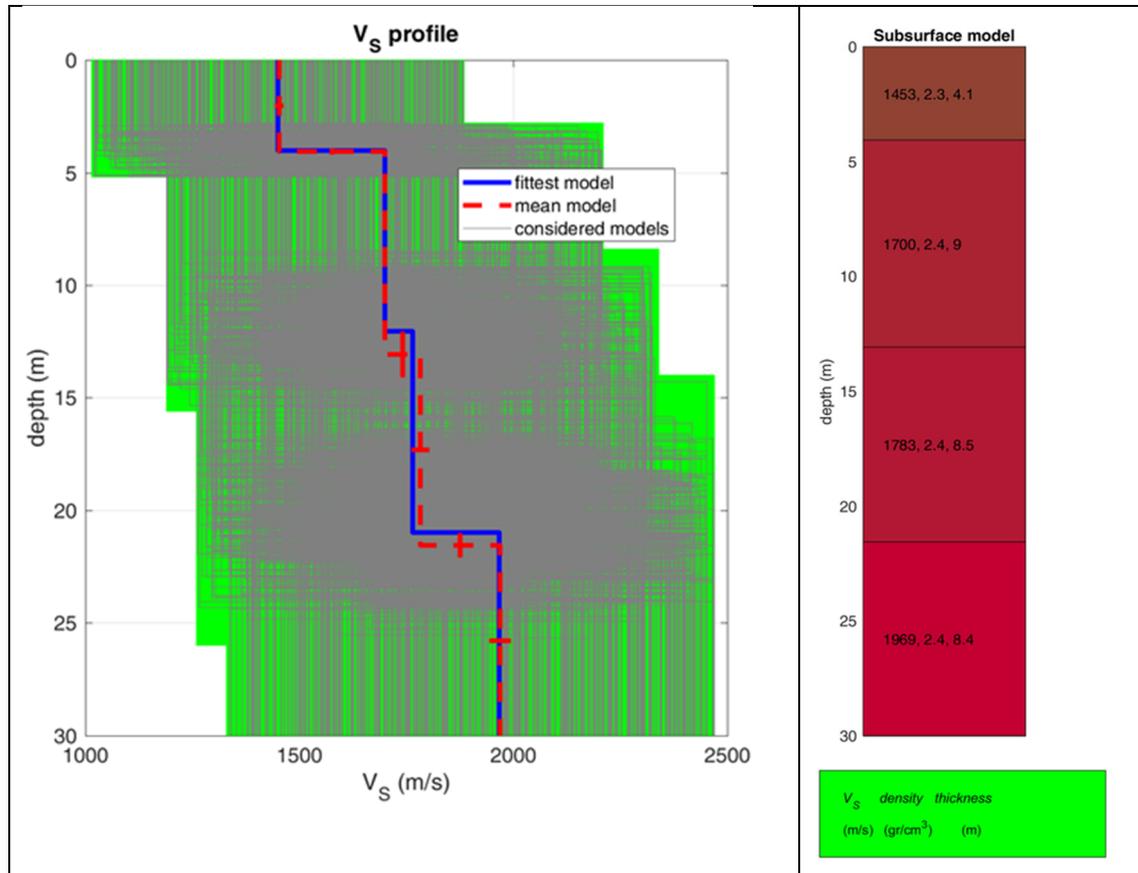
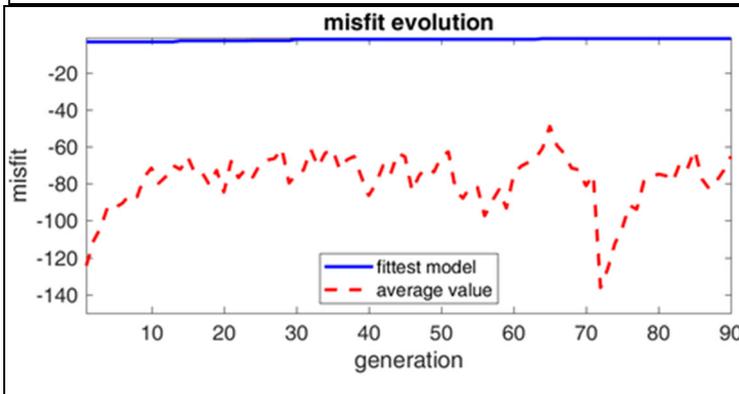
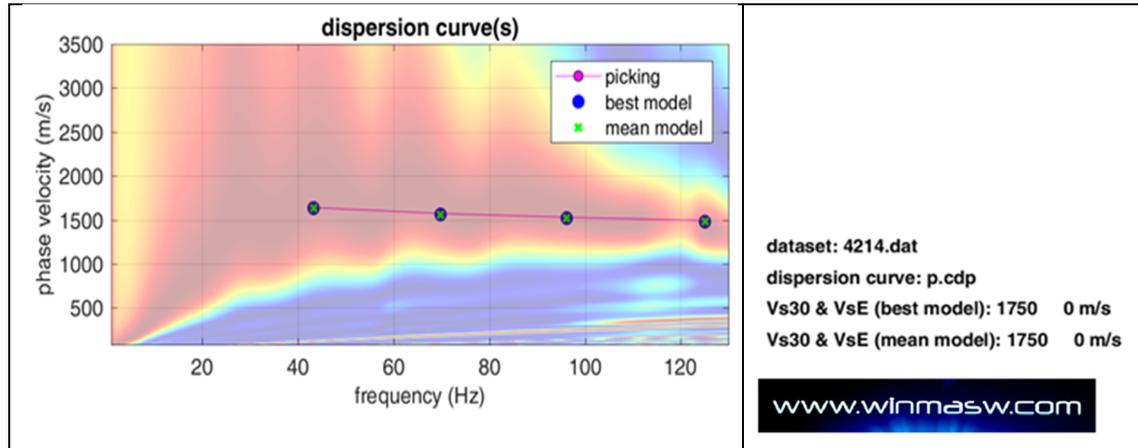
I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire.

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee. Gli algoritmi genetici (come altri analoghi) offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.

Alle pagine seguenti si allegano i grafici relativi alla determinazione e inversione della curva di dispersione e il modello di sottosuolo determinate in base ai valori delle onde sismiche trasversali  $V_s$ .

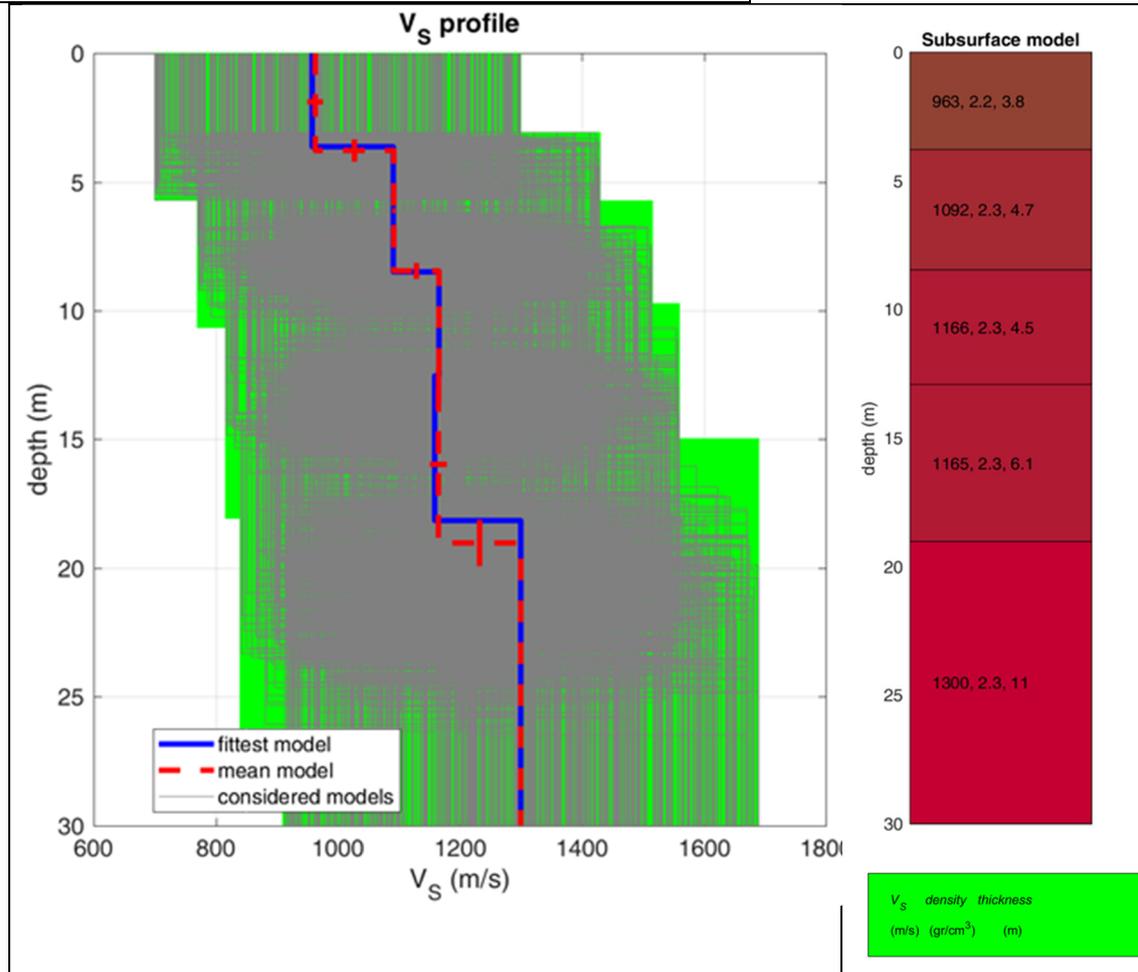
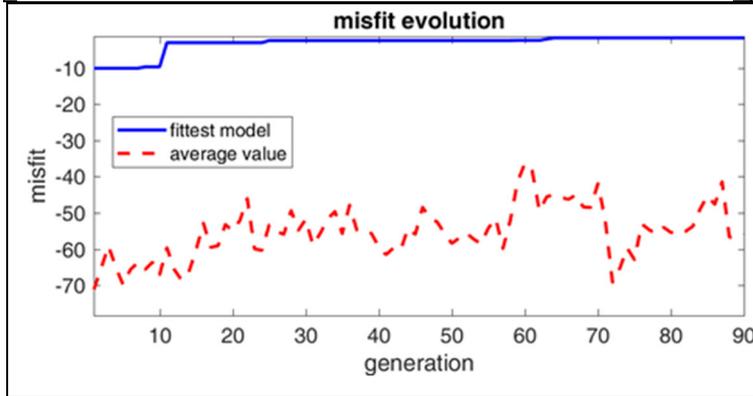
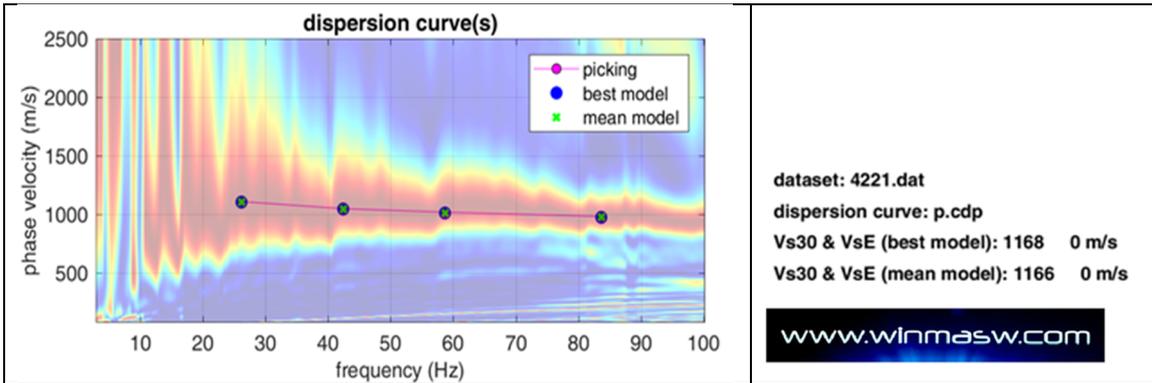
**Masw 1**

**Vseq = 1700 m/sec (cat. A – NTC/2018)**



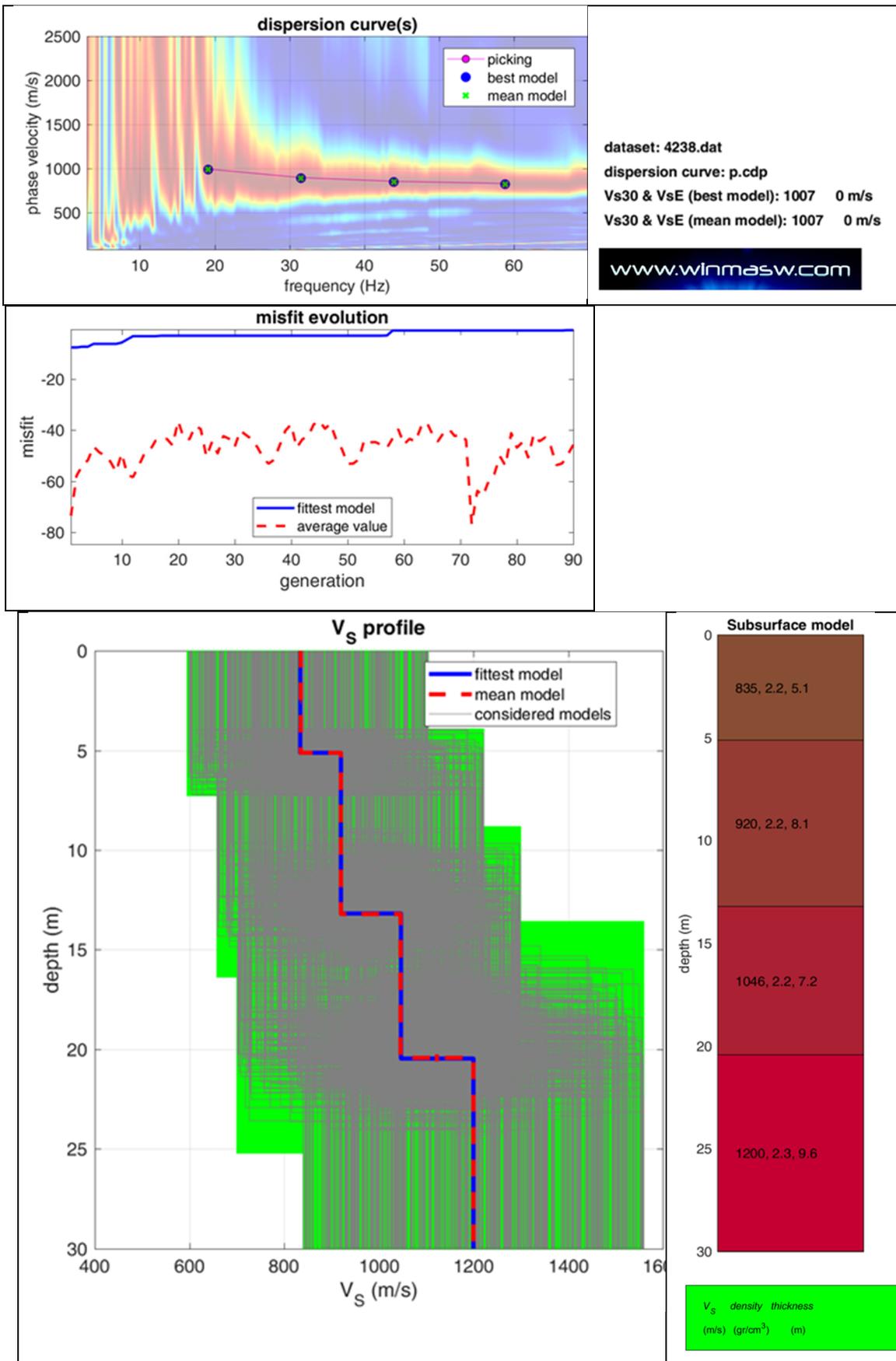
**Masw 2**

**Vseq = 1166 m/sec (cat. A – NTC/2018)**



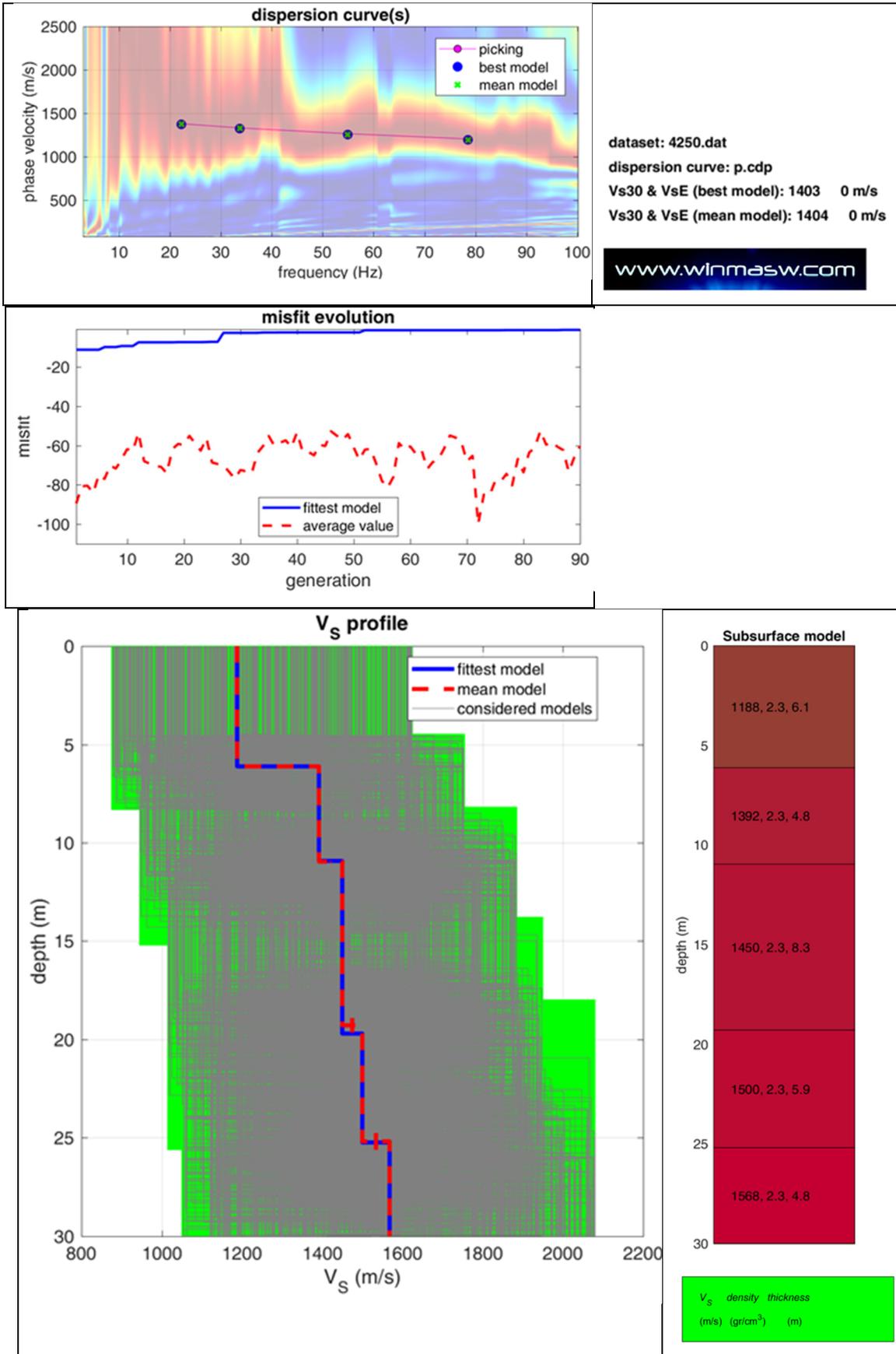
**Masw 3**

**Vseq = 1007 m/sec (cat. A – NTC/2018)**



**Masw 4**

**Vseq = 1404 m/sec (cat. A – NTC/2018)**



### Valutazione dell'azione sismica

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è necessario valutare la categoria topografica di appartenenza del sito definita in base alle caratteristiche morfologiche della superficie, come definite nella tab. 3.2.III delle NTC/2018:

T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 5^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Il sito in esame si presenta dolcemente movimentato, ma con pendenze medie inferiori a  $15^\circ$  e, quindi, configurabile in una categoria topografica "T1".

Per valutare la risposta sismica locale, si è fatto riferimento ad un approccio semplificato basato sull'individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento come definite nella tabella 3.2.II delle N.T.C./2018:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tale classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  entro i primi 30 m di profondità del sottosuolo, riferendosi al piano di imposta delle fondazioni (trattandosi di fondazioni superficiali) o comunque fino al raggiungimento del bedrock ( $V_s > 800$  m/s) qualora intercettabile a profondità  $H < 30$  m:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

$h_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimo  
 $V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato  
 $N$  = numero di strati  
 $H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec

Con la tecnica Masw è stato possibile calcolare il parametro  $V_s$ -eq e di conseguenza caratterizzare il sito in una delle categorie di suolo di fondazione definite nella nuova normativa sismica.

Dato che il valore della velocità delle onde trasversali è sempre  $> 800$  m/s per profondità superiori a 30 m dal p.c., la  $V_{seq} = V_{s30}$ .

Dalle indagini Masw eseguite, il suolo di fondazione dell'area di studio ricade, per tutti e quattro i profili, nella Categoria A (ai sensi della tab. 3.2.II delle N.T.C./ 2018):

*“Ammassi rocciosi affiorante o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m”*

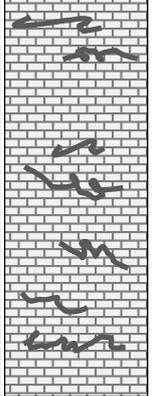
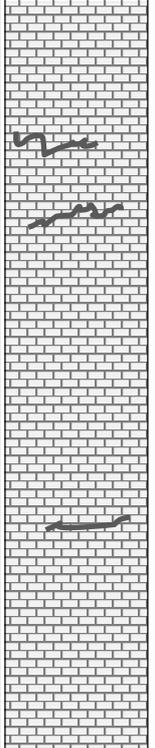
**Modello Geologico**

L'indagine condotta in corrispondenza delle aree interessate dalla realizzazione del campo fotovoltaico in oggetto ha evidenziato la presenza, nel sottosuolo, di rocce calcaree e calcareo-dolomitiche stratificate, molto fratturate e, a luoghi, carsificate.

L'ammasso roccioso tende a presentarsi più compatto e meno fratturato, con l'aumentare della profondità.

A seguito dei risultati delle indagini in situ e dello studio espletato è possibile definire il modello geologico del sottosuolo per l'intera area di interesse.

**Modello Geologico**

da 0.00 m a -0.80 ÷ -2,00 m		Terreno vegetale misto a pietrame calcareo completamente degradato
da -0.80 ÷ -2,00 m a -6,0 / -7,0 m		Rocce calcaree e calcareo-dolomitiche dal biancastro al grigiastro, stratificate, molto fratturate e a luoghi carsificate
da -6,0/7,0 fino alla profondità di interesse geotecnico		Rocce calcaree e calcareo-dolomitiche dal biancastro al grigiastro, stratificate e in banchi, fratturate.

## Conclusioni

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili.

L'area proposta si estende ad est dell'abitato di Ceglie Messapica in corrispondenza di un territorio caratterizzato da una superficie morfologica dolcemente movimentata, ma con pendenze che non superano i 15°; riferibile, quindi, ad una categoria topografica "T1" ai sensi delle NTC/2018.

Geologicamente il territorio in esame è caratterizzato dalla presenza di rocce calcaree e calcareo dolomitiche appartenenti alla formazione cretacea dei Calcari di Altamura.

Il pacco roccioso si presenta stratificato, molto fratturato e a luoghi carsificato, specialmente nei primi 6/7 m di profondità dal piano campagna. Con l'aumentare della profondità acquista maggiore compattezza e tenacità.

Nel sottosuolo circola solo la falda acquifera profonda o carsica, a profondità superiori a 100 m dal piano campagna. Non vi sono, quindi, falde acquifere superficiali o a profondità tale da influire sulla stabilità delle opere.

In corrispondenza dell'area interessata dalle opere di progetto sono evidenziate due doline condizionate da pericolosità idraulica alta (AP) e un'area ribassata vincolata dal PAI con pericolosità bassa (BP). Queste superfici saranno escluse dal posizionamento di elementi connessi all'impianto di progetto.

L'indagine sismica ha consentito, infine, di riferire l'area di studio alla categoria di suolo "A" ai sensi della tab. 3.2.II N.T.C. /2018:

*“Ammassi rocciosi affiorante o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m”.*

Novembre 2024

Geologo

(dr. Rossana Baldassarre)

